

FESTSCHRIFT
DER
HERZUGL. TECHNISCHEN HOCHSCHULE
CAROLO - WILHELMINA
ZUR
LXIX. VERSAMMLUNG DEUTSCHER NATURFORSCHER
UND AERZTE.

FEST-SCHRIFT
DER HERZOGLICHEN
TECHNISCHEN HOCHSCHULE
CAROLO-WILHELMINA

DARGEBOTEN DEN
NATURWISSENSCHAFTLICHEN THEILNEHMERN
AN DER
69. VERSAMMLUNG DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
VOM
HERZOGL. BRAUNSCHW. STAATS-MINISTERIUM.

BEARBEITET VON
MITGLIEDERN DES LEHRKÖRPERS DER CAROLO-WILHELMINA
UND HERAUSGEGEBEN IM AUFTRAGE DES GESCHAFTSFÜHRENDEN
UND LITTERARISCHEN AUSSCHUSSES
VON
PROF. DR. HEINR. BECKURTS.

MIT TEXT-ABBILDUNGEN UND TAFELN.

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

ISBN 978-3-663-06311-7 ISBN 978-3-663-07224-9 (eBook)
DOI 10 1007/978-3-663-07224-9

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1990

INHALT.

	Seite
Ueber Zerlegungen von Zahlen durch ihre grossten gemeinsamen Theiler. Von Geh. Hofrath Prof. Dr. R. DEDEKIND	1
Beiträge zur Theorie des ebenen Gelenkvierecks. Von Prof. Dr. R. MULLER	41
Ueber den arithmetischen Charakter gewisser Netze von unendlich vielen congruenten Vierecken. Von Prof. Dr. R. FRICKE	85
Ableitung der Gleichgewichtsgleichung der Nadel im Rotationsinductor. Von Geh Hofrath Prof. Dr. H. WEBER	111
Ueber die fortschreitende Geschwindigkeit von Wellen mit einer longitudinalen Schwingung der Elemente. Von Prof. M. MOLLER	123
Die Entstehungsgrunde neuer Sitten. Von Privatdocent Dr. A. VIERKANDT .	139
Die wissenschaftlichen Anschauungen über die Gerbeprocesses in ihrer Ent- wicklung. Von Geh. Hofrath Prof. Dr. F. KNAPP	155
Ueber einige Beziehungen zwischen Fluorescenz und chemischer Constitution. Von Prof. Dr. RICHARD MEYER	167
Ueber das atherische Oel der Angosturarinde. Von Prof. Dr. H. BECKURTS und Privatdocent Dr. J. TROGER	207
Ueber die Einwirkung von alkoholischem Kaliumsulfid und alkoholischem Kaliumsulfhydrat auf symmetrische Dibromsubstitute von Sulfonen. Von Privatdocent Dr. J. TROGER	225
Die tektonischen Verhältnisse des norddeutschen Schollengebirges auf Grund der neuesten Tiefbohrungen im Lemethale und bei Hannover sowie die Gliederung des Salzgebirges daselbst. Von Prof. Dr. J. H. KLOOS	247
Neuer Beitrag zur Kenntniss der Vogelfauna von Celebes. Von Geh. Hofrath Prof. Dr. W. BLASIUS	275
Ueber die centrale Wasserversorgung der Gemeinden des Herzogthums Braunschweig. Von Prof. Dr. R. BLASIUS und Prof. Dr. H. BECKURTS	397
Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Acidität einiger Sauren. Von P. DEGENER	451

ÜBER
ZERLEGUNGEN VON ZAHLEN
DURCH IHRE
GRÖSSTEN GEMEINSAMEN THEILER.

VON
R. DEDEKIND.

Liegt ein endliches System von natürlichen Zahlen vor, und bildet man alle grössten gemeinsamen Theiler von zwei oder mehreren dieser Zahlen, so werden die letzteren hierdurch auf mannigfaltige Weise in Factoren zerlegt. Obgleich nun diese Factoren im Allgemeinen bekanntlich keine Primzahlen sind, so leisten sie doch für manche Untersuchungen ausreichende Dienste, und es verlohnt sich daher wohl der Mühe, die hierbei auftretenden Gesetze im Zusammenhange darzustellen. Dies ist der nächste Gegenstand des vorliegenden Aufsatzes, doch soll zugleich die ursprüngliche Aufgabe so viel wie möglich verallgemeinert und auch auf Gebiete übertragen werden, in denen es gar keine Zerlegungen in eigentliche Primfactoren giebt. Hierbei verliert zwar die Untersuchung ihr arithmetisches Gepräge fast ganz, so dass sie mathematische Kenntnisse kaum noch voraussetzt, aber zugleich treten die Gesetze und ihre Gründe deutlicher hervor, und ich darf hoffen, dass in dieser Hinsicht meine Arbeit doch einigen Mathematikern willkommen sein mag.

§. 1. Drei Zahlen.

Sind a, b, c drei gegebene natürliche Zahlen, so will ich den grössten gemeinsamen Theiler

$$\left. \begin{array}{ll} \text{der Zahlen } b, c & \text{mit } a_1 \\ \text{„ „ } c, a & \text{„ } b_1 \\ \text{„ „ } a, b & \text{„ } c_1 \\ \text{„ „ } a, b, c & \text{„ } d \end{array} \right\} \quad (1)$$

bezeichnen; dann kann man, weil d offenbar auch der grösste gemeinsame Theiler von je zwei der drei Zahlen a_1, b_1, c_1 ist,

$$a_1 = da', \quad b_1 = db', \quad c_1 = dc' \quad (2)$$

setzen, wo a', b', c' relative Primzahlen sind, womit in üblicher Weise ausgedrückt sein soll, dass je zwei äusserlich verschiedene dieser Zahlen, z. B. b', c' , relative Primzahlen sind. Hieraus folgt, dass $db'c'$ das kleinste gemeinsame Vielfache der Zahlen b_1, c_1 ist, und da a zufolge (1) durch beide theilbar ist, so erhält man die Zerlegungen

$$a = db'c'a'', \quad b = dc'a'b'', \quad c = da'b'c'' \quad (3)$$

wo a'', b'', c'' ebenfalls natürliche Zahlen sind. Die drei gegebenen Zahlen a, b, c erscheinen daher als Producte von je vier der sieben

Zahlen $d, a', b', c', a'', b'', c''$, welche wir die *Kerne des Systems* a, b, c nennen wollen (vergl. §. 7). Zugleich ergibt sich aus der Bedeutung von a_1, b_1, c_1 , dass jedes der drei Paare

$$c'b'' \text{ und } b'c'', \quad a'c'' \text{ und } c'a'', \quad b'a'' \text{ und } a'b''$$

aus zwei relativen Primzahlen besteht; hierin liegt zunächst wieder, dass die drei Zahlen a', b', c' relative Primzahlen sind; dasselbe gilt offenbar von den drei Zahlen a'', b'', c'' , und ausserdem besteht jedes der drei Paare

$$a' \text{ und } a'', \quad b' \text{ und } b'', \quad c' \text{ und } c''$$

aus zwei relativen Primzahlen, während die anderen Paare, wie a' und b'' , diese Eigenschaft nicht zu besitzen brauchen. Ist z. B.

$$a = 420, \quad b = 800, \quad c = 216,$$

so findet man

$$\begin{aligned} a_1 &= 8, & b_1 &= 12, & c_1 &= 20, & d &= 4, \\ a' &= 2, & b' &= 3, & c' &= 5, \\ a'' &= 7, & b'' &= 20, & c'' &= 9. \end{aligned}$$

Zufolge (2) und (3) lassen sich die sieben Kerne $d, a', b', c', a'', b'', c''$ durch die drei gegebenen Zahlen a, b, c und die aus ihnen gebildeten vier grössten gemeinsamen Theiler a_1, b_1, c_1, d in folgender Weise darstellen:

$$\left. \begin{aligned} d &= d \\ a' &= \frac{a_1}{d}, & b' &= \frac{b_1}{d}, & c' &= \frac{c_1}{d} \\ a'' &= \frac{ad}{b_1 c_1}, & b'' &= \frac{bd}{c_1 a_1}, & c'' &= \frac{cd}{a_1 b_1} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Diese Kerne bleiben, mit Ausnahme von d , ungeändert, wenn man a, b, c durch drei beliebige, ihnen proportionale Zahlen ersetzt, welche auch *gebrochen* sein dürfen, falls man unter dem grössten gemeinsamen Theiler von rationalen Zahlen $u, v, w \dots$ immer diejenige positive rationale Zahl e versteht, für welche die Quotienten

$$\frac{u}{e}, \quad \frac{v}{e}, \quad \frac{w}{e} \dots$$

ganze Zahlen ohne gemeinsamen Theiler werden ¹⁾).

Ersetzt man aber die drei Zahlen a, b, c durch drei ihnen umgekehrt proportionale Zahlen, z. B. durch bc, ca, ab oder durch a^{-1}, b^{-1}, c^{-1} , so vertauscht sich a' mit a'' , b' mit b'' , c' mit c'' ; diese Erscheinung steht in unmittelbarem Zusammenhange mit dem Dualismus zwischen den Begriffen des grössten gemeinsamen Theilers und des kleinsten gemeinsamen Vielfachen ²⁾. Für jetzt mögen indessen fol-

¹⁾ Dirichlet's Vorlesungen über Zahlentheorie, 4. Aufl., §. 172, S. 515; dies Werk soll künftig mit D. citirt werden.

²⁾ Vergl. D., § 178, S. 555.

gende Bemerkungen genügen. Bezeichnet man das kleinste gemeinsame Vielfache

$$\left. \begin{array}{l} \text{der Zahlen } b, c \text{ mit } a_2 \\ \text{„ „ } c, a \text{ „ } b_2 \\ \text{„ „ } a, b \text{ „ } c_2 \\ \text{„ „ } a, b, c \text{ „ } m \end{array} \right\} \quad (5)$$

so erhält man nach bekannten Regeln

$$\left. \begin{array}{l} a_2 = \frac{bc}{a_1} = da'b'c'b''c'' \\ b_2 = \frac{ca}{b_1} = da'b'c'c''a'' \\ c_2 = \frac{ab}{c_1} = da'b'c'a''b'' \end{array} \right\} \quad (6)$$

Da ferner nach dem Obigen a'' relative Primzahl zu $a'b''c''$ ist, so haben die Zahlen a und a_2 zufolge (3) und (6) den grössten gemeinsamen Theiler $db'c'$, und da m zufolge (5) ihr kleinstes gemeinsames Vielfaches, also $m \cdot db'c' = aa_2$ ist, so ergibt sich

$$m = da'b'c'a''b''c'' = \frac{abcd}{a_1 b_1 c_1} \quad (7)$$

§. 2. Vier Zahlen.

Hat man mehr als drei gegebene Zahlen zu betrachten, so wird eine andere Bezeichnungsweise zweckmässig, deren Gebrauch jetzt erörtert werden soll. Die gegebenen Zahlen seien

$$(1,0), (2,0), (3,0), (4,0) \dots, \quad (1)$$

und man bezeichne den grössten gemeinsamen Theiler

$$\left. \begin{array}{l} \text{der Zahlen } (1,0), (2,0) \text{ mit } (12,0) \\ \text{„ „ } (1,0), (2,0), (3,0) \text{ mit } (123,0) \\ \text{„ „ } (1,0), (2,0), (3,0), (4,0) \text{ mit } (1234,0) \end{array} \right\} \quad (2)$$

u. s. w.,

wobei natürlich alle Ziffern mit einander vertauscht werden dürfen. Beschränken wir uns auf den nächsten Fall, wo vier Zahlen gegeben sind, so entstehen auf diese Weise elf grösste gemeinsame Theiler, nämlich sechs von der Form (12,0), vier von der Form (123,0), und einer von der Form (1234,0). Dieser letzte ist offenbar zugleich der grösste gemeinsame Theiler von je zweien der Form (123,0), (124,0), und folglich kann man

$$\left. \begin{array}{l} (123,0) = (1234,0) (123,4) \\ (124,0) = (1234,0) (124,3) \\ (134,0) = (1234,0) (134,2) \\ (234,0) = (1234,0) (234,1) \end{array} \right\} \quad (3)$$

setzen, wo die vier ganzen Zahlen

$$(123,4), (124,3), (134,2), (234,1) \quad (4)$$

relative Primzahlen sind. Hieraus folgt z. B., dass das Product

$$(1234,0) (123,4) (124,3)$$

das kleinste gemeinsame Vielfache der beiden Zahlen $(123,0)$, $(124,0)$ ist; da andererseits diese letzteren Zahlen beide Theiler von $(1,0)$ und $(2,0)$, also auch Theiler von deren grösstem gemeinsamen Theiler $(12,0)$ sind, so muss der letztere auch durch das vorstehende Product theilbar sein. Man erhält daher die Zerlegungen

$$\left. \begin{aligned} (12,0) &= (1234,0) (123,4) (124,3) (12,34) \\ (13,0) &= (1234,0) (123,4) (134,2) (13,24) \\ (14,0) &= (1234,0) (124,3) (134,2) (14,23) \\ (23,0) &= (1234,0) (123,4) (234,1) (23,14) \\ (24,0) &= (1234,0) (124,3) (234,1) (24,13) \\ (34,0) &= (1234,0) (134,2) (234,1) (34,12) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

in welchen sechs neue ganze Zahlen

$$\left. \begin{aligned} (12,34), (13,24), (14,23) \\ (34,12), (24,13), (23,14) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

auftreten. Setzt man nun

$$a = (12,0), \quad b = (13,0), \quad c = (14,0),$$

und wendet man auf diese drei Zahlen die Betrachtungen und Bezeichnungen des §. 1 an mit Rücksicht auf (2), (3), (5), so ergibt sich

$$\begin{aligned} a_1 &= (134,0), \quad b_1 = (124,0), \quad c_1 = (123,0), \quad d = (1234,0), \\ a' &= (134,2), \quad b' = (124,3), \quad c' = (123,4), \\ a'' &= (12,34), \quad b'' = (13,24), \quad c'' = (14,23), \end{aligned}$$

also

$$m = (1234,0) (123,4) (124,3) (134,2) (12,34) (13,24) (14,23).$$

Da nun die Zahl $(1,0)$ zufolge (2) durch jede der drei Zahlen a , b , c , also auch durch deren kleinstes gemeinsames Vielfaches m theilbar ist, so erhält man schliesslich die folgenden Zerlegungen

$$\left. \begin{aligned} (1,0) &= (1234,0) (123,4) (124,3) (134,2) (12,34) (13,24) (14,23) (1,234) \\ (2,0) &= (1234,0) (123,4) (124,3) (234,1) (12,34) (23,14) (24,13) (2,134) \\ (3,0) &= (1234,0) (123,4) (134,2) (234,1) (13,24) (23,14) (34,12) (3,124) \\ (4,0) &= (1234,0) (124,3) (134,2) (234,1) (14,23) (24,13) (34,12) (4,123) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

in welchen abermals vier neue ganze Zahlen

$$(1,234), (2,134), (3,124), (4,123) \quad (8)$$

auftreten. Aus (3), (5), (7) ergeben sich umgekehrt die Darstellungen der in (4), (6), (8) bezeichneten vierzehn Zahlen durch die fünfzehn in (1) und (2) definirten Zahlen; man erhält z. B.

$$(123,4) = \frac{(123,0)}{(1234,0)} \quad (9)$$

$$(12,34) = \frac{(12,0) (1234,0)}{(123,0) (124,0)} \quad (10)$$

$$(1,234) = \frac{(1,0) (123,0) (124,0) (134,0)}{(12,0) (13,0) (14,0) (1234,0)} \quad (11)$$

Fügen wir zu diesen Gleichungen noch die selbstverständliche

$$(1234,0) = (1234,0) \quad (12)$$

hinzu, und nennen wir (wie in §. 1) die fünfzehn Zahlen (4), (6), (8), (12) die *Kerne* des Systems (1) der vier gegebenen Zahlen, so erscheint jede der letzteren in (7) als Product von acht Kernen, und ebenso erscheinen in den Gleichungen (5), (3), (12) die aus den gegebenen Zahlen gebildeten grössten gemeinsamen Theiler (2) als Producte von Kernen, während umgekehrt die fünfzehn Kerne in den Gleichungen (9), (10), (11), (12) durch die fünfzehn Zahlen (1) und (2) ausgedrückt sind.

§. 3. Combinationen.

Um diese Betrachtungen auf ein beliebiges System von n gegebenen Zahlen

$$(1,0), (2,0) \dots (n,0)$$

auszudehnen, und um ihnen zugleich eine viel allgemeinere Bedeutung unterzulegen, ist es nöthig, einige Bemerkungen über die *Combinationen* α , β , $\gamma \dots$ vorzuschicken, welche sich aus dem System der n verschiedenen *Elemente*

$$1, 2 \dots n$$

bilden lassen. Die letzteren, welche hier nicht als Zahlen, sondern nur als Unterscheidungszeichen aufzufassen sind und durch irgend welche andere Zeichen ersetzt werden dürften, bilden zugleich die *Combinationen ersten Grades*. Jedes System α von r verschiedenen solchen Elementen heisst bekanntlich eine *Combination* r ten Grades; hierbei kommt es auf die Reihenfolge, in welcher die Elemente des Systems α genannt oder geschrieben werden, gar nicht an, und man kann die *Combination* selbst (wie in §. 2) am einfachsten durch die natürliche Folge ihrer Elemente bezeichnen, so dass z. B. 235 die aus den drei Elementen 2, 3, 5 bestehende *Combination* bedeutet; wenn freilich $n > 9$ ist, so müssen die Elemente einer *Combination* deutlicher von einander getrennt werden. Eine *Combination* α ist also bestimmt, wenn über jedes der n Elemente 1, 2 \dots n die Entscheidung getroffen ist, ob es in α aufgenommen wird oder nicht; lässt man daher — was bekanntlich sehr zweckmässig ist — auch die leere *Combination* 0ten Grades zu, welche gar kein Element enthält und im Folgenden immer mit 0 bezeichnet werden soll, so ist 2^n die Anzahl aller verschiedenen *Combinationen*. Wenn jedes Element von α auch Element der *Combination* β ist, so heisst α ein *Theil* von β , und wenn zugleich β auch ein *Theil* von α ist, so ist α identisch mit β , was immer durch $\alpha = \beta$ ausgedrückt wird. Die *Combination* 0 ist ein *Theil* von *jeder* *Combination*.

Unter der *Summe* $\alpha + \beta$ von zwei Combinationen α , β soll die Combination verstanden werden, welche aus allen in α oder in β (oder in beiden) enthaltenen Elementen *besteht*, während ihr *Durchschnitt* $\alpha - \beta$ aus denjenigen Elementen bestehen soll, welche beiden Combinationen α , β gemeinsam angehören; ist kein solches gemeinsames Element vorhanden, also $\alpha - \beta = 0$, so sollen α , β *fremde* Combinationen heissen. Die Combination 0 ist fremd zu *jeder* Combination.

Um diese einfachen Begriffe durch ein Beispiel zu erläutern, wähle ich die drei Combinationen

$$\alpha = 2347, \quad \beta = 1357, \quad \gamma = 1267;$$

dann wird

$$\begin{aligned} \beta + \gamma &= 123\ 567, & \gamma + \alpha &= 123\ 467, & \alpha + \beta &= 123\ 457, \\ \beta - \gamma &= 17, & \gamma - \alpha &= 27, & \alpha - \beta &= 37. \end{aligned}$$

Man überzeugt sich nun ohne Weiteres, dass für diese beiden Operationen \pm die folgenden sechs *Fundamentalgesetze* gelten, deren Inbegriff wir mit A bezeichnen wollen:

$$\begin{aligned} \alpha + \beta &= \beta + \alpha & (1') \\ \alpha - \beta &= \beta - \alpha & (1'') \\ (\alpha + \beta) + \gamma &= \alpha + (\beta + \gamma) & (2') \\ (\alpha - \beta) - \gamma &= \alpha - (\beta - \gamma) & (2'') \\ \alpha + (\alpha - \beta) &= \alpha & (3') \\ \alpha - (\alpha + \beta) &= \alpha & (3'') \end{aligned}$$

Die vier Doppelgesetze (1), (2) spricht man bekanntlich so aus, dass jede der beiden Operationen symmetrisch (commutativ) und associativ ist, und hieraus folgt (vergl. D., §. 2), dass die Bildung der Summe oder des Durchschnittes von drei oder mehr Combinationen von der Reihenfolge ganz unabhängig ist, nach welcher man immer ein Paar der vorhandenen Combinationen auswählt, um daraus die Summe oder den Durchschnitt zu bilden. Durch das letzte Doppelgesetz (3) treten aber die beiden Operationen in eine dualistische Verbindung, aus welcher zunächst

$$\begin{aligned} \alpha + \alpha &= \alpha & (4') \\ \alpha - \alpha &= \alpha & (4'') \end{aligned}$$

folgt; denn (4') geht unmittelbar aus (3') hervor, wenn man β durch $(\alpha + \beta)$ ersetzt und (3'') berücksichtigt, und in ähnlicher Weise folgt (4'') aus (3'').

Nun leuchtet freilich die Wahrheit dieses abgeleiteten Doppelgesetzes (4) auch unmittelbar aus dem Begriffe der Operationen \pm ein, aber diese Ableitbarkeit ist doch an sich nicht ohne Bedeutung. Ganz anders verhält es sich nämlich mit dem folgenden Doppelgesetz

$$\begin{aligned} (\alpha - \beta) + (\alpha - \gamma) &= \alpha - (\beta + \gamma) & (5') \\ (\alpha + \beta) - (\alpha + \gamma) &= \alpha + (\beta - \gamma) & (5'') \end{aligned}$$

welches aus den obigen sechs Fundamentalgesetzen A schlechterdings *nicht* ableitbar ist, wie später (in §. 4) noch weiter besprochen werden soll; hier ist es vielmehr erforderlich, nochmals auf die Bedeutung der Symbole zurückzugehen. Bedeutet μ die linke, ν die rechte Seite der Gleichung (5'), so haben wir zu zeigen, dass jedes Element μ' von μ auch in ν , und ebenso, dass jedes Element ν' von ν auch in μ enthalten ist. Zuzufolge des Summenbegriffes ist μ' in $(\alpha - \beta)$ oder in $(\alpha - \gamma)$ enthalten, und da der Satz zufolge (1') symmetrisch in Bezug auf β, γ ist, so dürfen wir das Erstere annehmen; dann ist μ' gemeinsames Element von α und β , und da jedes Element von β auch in $(\beta + \gamma)$ enthalten ist, so ist μ' auch in dem Durchschnitte ν der Combinationen α und $(\beta + \gamma)$ enthalten. Umgekehrt, jedes Element ν' dieses Durchschnittes ν ist gewiss in α und ausserdem in β oder γ , also in einem der beiden Durchschnitte $(\alpha - \beta), (\alpha - \gamma)$, mithin auch in deren Summe μ enthalten, w. z. b. w.

Auf ganz ähnliche Weise liesse sich der Satz (5'') beweisen, was wir dem Leser überlassen; aber es ist bemerkenswerth, dass dieser Satz schon eine *nothwendige Folge* des Satzes (5') und der Gesetze A ist. Ersetzt man nämlich α, β, γ in (5') resp. durch $\alpha + \gamma, \alpha, \beta$, so folgt

$$[(\alpha + \gamma) - \alpha] + [(\alpha + \gamma) - \beta] = (\alpha + \gamma) - (\alpha + \beta),$$

was zufolge A zunächst die Form

$$(\alpha + \beta) - (\alpha + \gamma) = \alpha + [\beta - (\alpha + \gamma)] \quad (6'')$$

annimmt; da ferner aus (5'), wenn α mit β vertauscht wird, sich

$$\beta - (\alpha + \gamma) = (\alpha - \beta) + (\beta - \gamma)$$

ergibt, so geht vermöge A die rechte Seite von (6'') in

$$\alpha + [(\alpha - \beta) + (\beta - \gamma)] = [\alpha + (\alpha - \beta)] + (\beta - \gamma) = \alpha + (\beta - \gamma)$$

über, womit der Satz (5'') bewiesen ist.

Da das System A in dem Sinne dualistisch ist, dass es sich durch die Vertauschung der beiden Operationen \pm vollständig reproducirt, so ist offenbar der Satz (5') umgekehrt eine *nothwendige Folge* von (5'') und A ; wollte man dies, was aber nicht mehr nöthig ist, auf dieselbe Weise wie oben darthun, so würde der Weg über den Zwischensatz

$$(\alpha - \beta) + (\alpha - \gamma) = \alpha - [\beta + (\alpha - \gamma)] \quad (6')$$

führen, welcher das Gegenstück zu dem Satze (6'') bildet.

Auf die allgemeinen Beziehungen zwischen den Gesetzen A und den vier Sätzen (5), (6) werde ich im folgenden §. 4 noch näher eingehen, obgleich diese Untersuchung für unseren eigentlichen Gegenstand nicht erforderlich ist. Dagegen werden wir später (in §§. 7, 8) Gebrauch zu machen haben von dem folgenden

Satz. Genügen die vier Combinationen $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ der Bedingung

$$\alpha + \beta = \gamma + \delta \quad (7)$$

so giebt es immer drei Combinationen ϱ , σ , ω , welche den Bedingungen

$$\beta = \varrho + \omega, \quad \delta = \sigma + \omega \quad (8)$$

$$\alpha + \varrho = \gamma + \sigma = \alpha + \gamma \quad (9)$$

genügen.

Der *Beweis* ergibt sich unmittelbar aus den obigen Sätzen, ohne dass es nothig wäre, auf die Bedeutung unserer Zeichen zurückzukommen. Setzt man nämlich

$$\varrho = \beta - \gamma, \quad \sigma = \alpha - \delta, \quad \omega = \beta - \delta$$

und

$$\tau = \alpha - \gamma,$$

so fliessen aus dem Satze (5') in Verbindung mit der Annahme (7) und mit dem Satze (3'') die Relationen

$$\sigma + \tau = \alpha - (\gamma + \delta) = \alpha - (\alpha + \beta) = \alpha,$$

$$\varrho + \omega = \beta - (\gamma + \delta) = \beta - (\alpha + \beta) = \beta,$$

$$\varrho + \tau = \gamma - (\alpha + \beta) = \gamma - (\gamma + \delta) = \gamma,$$

$$\sigma + \omega = \delta - (\alpha + \beta) = \delta - (\gamma + \delta) = \delta,$$

deren zweite und vierte mit (8) übereinstimmen, während aus den beiden anderen folgt, dass jede der drei in (9) auftretenden Combinationen $= \varrho + \sigma + \tau$ ist, w. z. b. w.

Der Vollständigkeit wegen erwähnen wir ferner, dass offenbar immer

$$\alpha + 0 = \alpha, \quad \alpha - 0 = 0 \quad (10)$$

ist, und um die späteren Untersuchungen nicht zu unterbrechen, fügen wir noch folgende Bemerkungen hinzu. Nennt man eine Combination *paar* oder *unpaar*, je nachdem ihr *Grad* gerade oder ungerade ist, so besitzt jede Combination α , deren Grad $r > 0$ ist, offenbar ebenso viele paare wie unpaare *Theile*, nämlich 2^{r-1} ; die ersteren, zu denen immer die Combination 0 gehört, sollen mit α'' , die letzteren mit α' bezeichnet werden. Die Combination 0 dagegen besitzt nur einen einzigen, und zwar paaren Theil, nämlich 0 selbst. Sind nun α , β irgend zwei *fremde* Combinationen, ist also $\alpha - \beta = 0$, so leuchtet ein, dass die paaren Theile $(\alpha + \beta)''$ der Summe $(\alpha + \beta)$ mit allen Combinationen von der Form $\alpha'' + \beta''$ und von der Form $\alpha' + \beta'$, und dass die unpaaren Theile $(\alpha + \beta)'$ mit allen Combinationen von der Form $\alpha' + \beta''$ und von der Form $\alpha'' + \beta'$ übereinstimmen; auch ist jeder Theil von $\alpha + \beta$ nur in einer dieser vier Formen, und zwar nur auf eine einzige Weise darstellbar. Ist ferner $\beta = 0$, so fallen die Formen aus, in welchen β' auftritt.

§. 4. Bemerkungen über Dualgruppen.

Die im vorhergehenden §. 3 enthaltenen Betrachtungen sind ihrem grossten Theile nach keineswegs neu; da eine Combination nichts Anderes als ein System von Elementen ist, so gehören sie in die

allgemeine *Systemlehre*, welche wohl am vollständigsten in dem umfassenden und durch eine Fülle origineller Betrachtungen fesselnden Werke: *Die Algebra der Logik* von *E. Schröder*, behandelt ist. Zur Erleichterung der Vergleichung mache ich darauf aufmerksam, dass der Durchschnitt $\alpha - \beta$ der Systeme α, β in diesem Werke das *Product* von α, β genannt und demgemäss mit $\alpha\beta$ bezeichnet wird; diese Ausdrucks- und Bezeichnungsweise mag manche Vorzüge besitzen, doch schien mir die meinige für den gegenwärtigen Zweck hauptsächlich deshalb geeigneter, weil hier eine Ueberemstimmung mit der in der Modul- und Idealtheorie von mir eingeführten Bezeichnungsart wünschenswerth war. Hiernach entsprechen die in §. 3 mit (1), (2), (3), (4), (5) bezeichneten Doppelsätze resp. den Doppelsätzen (12), (13), (23), (14), (27) auf S. 254, 255, 276, 259, 282 im ersten Bande des genannten Werkes; im Folgenden wird meine Bezeichnung der Sätze beibehalten, und unter *A* ist immer das System der Doppelsätze (1), (2), (3) zu verstehen, deren nothwendige Folge der Doppelsatz (4) ist.

Auf S. 292 bis 293 zeigt Herr Schröder ebenfalls, aber auf etwas andere Weise, als es hier in §. 3 geschehen ist, dass jeder der beiden Sätze (5) auf den anderen vermöge des Systems *A* zurückfuhrbar ist. Von besonderem Interesse ist aber die zuerst auf S. 286 ausgesprochene, später auf S. 643 und abermals auf S. 686 bewiesene Behauptung, dass *keiner der beiden Sätze (5) eine nothwendige Folge des Systems A ist.*

Seit vielen Jahren habe ich mich ebenfalls mit diesen Fragen beschäftigt; doch hat mich hierzu nicht das Studium der Logik, sondern die Theorie derjenigen Zahlensysteme veranlasst, welche ich *Moduln* nenne¹⁾. Bei dem Bestreben, diese Theorie auf die kleinste Anzahl von Grundgesetzen zurückzuführen, habe ich ebenfalls — nicht ohne grosse Anstrengung — die eben erwähnte Thatsache erkannt, und da der von mir eingeschlagene Weg vielleicht noch einiges Neue enthält, auch wohl etwas einfacher zu sein scheint, als die von Herrn Schröder gegebenen Beweise, die er selbst als nicht mühelose bezeichnet, so erlaube ich mir, aus einer grösseren, halb vollendeten Abhandlung einige Betrachtungen hier mitzutheilen, obgleich sie für den vorliegenden Aufsatz nicht erforderlich sind. Zuvor bemerke ich, dass selbstverständlich die Priorität für die Entdeckung der genannten Thatsache durchaus Herrn Schröder gebührt; auch muss ich gestehen, dass es mir noch nicht gelungen ist, die späteren Bände seines grossen Werkes vollständig durchzuarbeiten, und so muss ich um Nachsicht bitten, wenn manche der folgenden Betrachtungen, bei welchen ich die leicht zu findenden Beweise grösstentheils unterdrücke, schon bekannt sein sollten. Ich beginne mit der folgenden Erklärung.

¹⁾ Vergl. S. 442, 479, 493 der zweiten, dritten, vierten Auflage von Dirichlet's Vorlesungen über Zahlentheorie.

Ein System \mathfrak{A} von irgend welchen Dingen $\alpha, \beta, \gamma \dots$ soll eine *Dualgruppe* heissen, wenn es zwei Operationen \pm giebt, welche aus je zwei Dingen α, β zwei ebenfalls in \mathfrak{A} enthaltene Dinge $\alpha \pm \beta$ erzeugen und zugleich den Bedingungen A genügen.

Um zu zeigen, wie verschiedenartig die Gebiete sind, auf welche dieser Begriff angewendet werden kann, erwähne ich folgende Beispiele:

1. Das nächste und überall unentbehrliche Beispiel liefert die oben erwähnte Systemlehre der Logik; bedeuten die Dinge $\alpha, \beta, \gamma \dots$ endliche oder unendliche Systeme (Combinations) von Elementen, und bezeichnet man mit $\alpha + \beta$ die logische Summe, mit $\alpha - \beta$ den Durchschnitt (das logische Product $\alpha\beta$ nach Schröder) von α, β , so bildet der Inbegriff \mathfrak{A} aller Systeme $\alpha, \beta, \gamma \dots$ eine Dualgruppe.

2. Der Inbegriff \mathfrak{A} aller Zahlensysteme $\alpha, \beta, \gamma \dots$, welche ich *Moduln* nenne, bildet eine Dualgruppe, wenn unter $\alpha + \beta$ der grösste gemeinsame Theiler, unter $\alpha - \beta$ das kleinste gemeinsame Vielfache der beiden Moduln α, β verstanden wird. Dies Beispiel ist keineswegs in dem vorigen enthalten; denn hier enthält der Modul $\alpha + \beta$ ausser den in α oder β enthaltenen Zahlen (im Allgemeinen) noch unendlich viele andere Zahlen (Elemente), während $\alpha - \beta$ auch hier der Durchschnitt der Systeme α, β , d. h. der Inbegriff aller den Moduln α, β gemeinsamen Zahlen ist.

3. Einen speciellen Fall der Moduln bilden die *Ideale*¹⁾ $\alpha, \beta, \gamma \dots$ eines endlichen Körpers, und da die daraus erzeugten Ideale $\alpha \pm \beta$ demselben Körper angehören, so ist der Inbegriff \mathfrak{A} aller dieser Ideale eine Dualgruppe.

4. Ist ω eine endliche oder unendliche²⁾ *Abel'sche* oder auch *Galois'sche Gruppe*, so bildet der Inbegriff \mathfrak{A} aller Gruppen $\alpha, \beta, \gamma \dots$, welche als Theiler in ω enthalten sind (und zu denen auch ω selbst gehört), eine Dualgruppe, wenn unter $\alpha + \beta$ das kleinste gemeinsame Vielfache, unter $\alpha - \beta$ der grösste gemeinsame Theiler der beiden Gruppen α, β verstanden wird.

5. Der Inbegriff \mathfrak{A} aller Zahlensysteme $\alpha, \beta, \gamma \dots$, welche ich *Körper*³⁾ nenne, bildet eine Dualgruppe, wenn unter $\alpha + \beta$ das kleinste gemeinsame Multiplum, unter $\alpha - \beta$ der grösste gemeinsame Divisor der beiden Körper α, β verstanden wird.

6. Als letztes Beispiel mag das folgende dienen. Unter einem *Punkte* α des reellen Zahlenraumes von n Dimensionen sei jede Folge von n reellen Zahlen $\alpha_1, \alpha_2 \dots \alpha_n$ verstanden, welche umgekehrt die erste, zweite \dots n te Coordinate des Punktes α heissen mögen; definiert

1) Vergl. S. 452, 508, 551 der zweiten, dritten, vierten Auflage von Dirichlet's Zahlentheorie.

2) Vergl. §. 5 dieses Aufsatzes.

3) Vergl. S. 424, 435, 452 der zweiten, dritten, vierten Auflage von Dirichlet's Zahlentheorie.

man nun für je zwei Punkte α, β die Punkte $\alpha \pm \beta$ dadurch, dass die Coordinate $(\alpha + \beta)_r$ die algebraisch grösste, die Coordinate $(\alpha - \beta)_r$ die algebraisch kleinste der beiden Coordinaten α_r, β_r sein soll, so bildet der *Raum* \mathfrak{A} als Inbegriff aller Punkte $\alpha, \beta, \gamma \dots$ eine Dualgruppe.

Wir wenden uns nun zur Untersuchung über die Gültigkeit der in §. 3 mit (5) und (6) bezeichneten Doppelsätze innerhalb der allgemeinen Theorie der Dualgruppen. Es ist dort schon gezeigt, dass die beiden Sätze (5') und (5'') vermöge der Grundgesetze \mathcal{A} wechselseitig aus einander folgen; dieses Doppelgesetz (5) gilt zufolge §. 3 wirklich in dem ersten der eben aufgeführten Beispiele, in der Systemlehre der Logik; es gilt¹⁾ aber auch in dem dritten Beispiele, in der aus allen Idealen eines endlichen Körpers bestehenden Dualgruppe; aus diesem Grunde will ich diesen Doppelsatz (5) hier das *Idealgesetz* nennen, und jede Dualgruppe, in welcher dies Gesetz gilt, mag eine Dualgruppe vom *Idealtypus* heissen.

Von ebenso grosser Wichtigkeit sind aber auch die in §. 3 mit (6') und (6'') bezeichneten Sätze, sowie der folgende, bisher noch nicht erwähnte Satz

$$[\alpha + (\beta - \gamma)] - (\beta + \gamma) = [\alpha - (\beta + \gamma)] + (\beta - \gamma) \quad (M)$$

welcher symmetrisch in Bezug auf β, γ und zugleich sein eigenes dualistisches Gegenstück ist. Ich bemerke zunächst, dass je zwei dieser drei Sätze (6'), (6''), (M) äquivalent sind, d. h. wechselseitig vermöge der Grundgesetze \mathcal{A} aus einander folgen. Bezeichnet man nämlich kurz mit (λ, μ, ν) eine Substitution, welche darin besteht, dass die drei Dinge α, β, γ resp. durch die drei Dinge λ, μ, ν ersetzt werden so überzeugt man sich leicht, dass

$$\begin{array}{lll} (6') \text{ durch } (\alpha + \gamma, \beta, \alpha) & \text{in } (6'') \\ (6'') \text{ „ } (\alpha - \gamma, \beta, \alpha) & \text{„ } (6') \\ (6') \text{ „ } (\beta + \gamma, \alpha, \beta - \gamma) & \text{„ } (M) \\ (M) \text{ „ } (\beta, \alpha, \alpha - \gamma) & \text{„ } (6') \\ (6'') \text{ „ } (\beta - \gamma, \alpha, \beta + \gamma) & \text{„ } (M) \\ (M) \text{ „ } (\beta, \alpha, \alpha + \gamma) & \text{„ } (6'') \end{array}$$

übergeht. Dieses dreiförmige Gesetz gilt²⁾ nun wirklich in dem zweiten der obigen Beispiele, in der aus allen Moduln bestehenden Dualgruppe; ich will es daher das *Modulgesetz* nennen, und jede Dualgruppe, in welcher es herrscht, mag eine Dualgruppe vom *Modultypus* heissen.

¹⁾ Dies folgt leicht aus D., § 178.

²⁾ Vergl. D., §. 169; die dortigen Sätze (7), (8), (8') stimmen resp überein mit den obigen (M), (6''), (6'); zuerst erwähnt sind sie auf S. 17 meiner Schrift: Ueber die Anzahl der Idealclassen in den verschiedenen Ordnungen eines endlichen Körpers (Braunschweig 1877)

Da ferner in §. 3 die Sätze (6'), (6'') lediglich vermöge der Grundgesetze A aus den Sätzen (5''), (5') abgeleitet sind, so leuchtet die Wahrheit der folgenden Behauptung ein:

Jede Dualgruppe vom Idealtypus besitzt auch den Modultypus.

Hiernach entspringen naturgemäss die beiden Fragen:

Giebt es Dualgruppen, welche den Modultypus nicht besitzen?

Giebt es Dualgruppen vom Modultypus, welche den Idealtypus nicht besitzen?

Dass diese Fragen beide zu *bejahen* sind, habe ich — nicht ohne Mühe — dadurch entschieden, dass ich mir die bestimmte Aufgabe stellte, jedesmal die *kleinste* Dualgruppe aufzusuchen, welche die fragliche Eigenschaft hat. Die auf diese Weise gefundenen Gruppen bestehen aus je *fünf verschiedenen* Dingen, $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$, und sind in den beiden folgenden Tabellen dargestellt:

	α	β	γ	δ	ε		α	β	γ	δ	ε
α		δ	γ	δ	α	α		δ	δ	δ	α
β	ε		δ	δ	β	β	ε		δ	δ	β
γ	α	ε		δ	γ	γ	ε	ε		δ	γ
δ	α	β	γ		δ	δ	α	β	γ		δ
ε	ε	ε	ε	ε		ε	ε	ε	ε	ε	

Zur Erläuterung dienen folgende Bemerkungen. Bedeutet (μ, ν) den Buchstaben, welcher sich im Durchschnittsfelde der Zeile μ und der Spalte ν findet, so hätten die Felder der Diagonale eigentlich mit den Buchstaben $(\mu, \mu) = \mu$ besetzt werden sollen; des deutlicheren Ueberblickes wegen sind sie aber leer gelassen, um die oberhalb und unterhalb der Diagonale gelegenen Hälften der Tabellen für das Auge leichter zu trennen; in der oberen Hälfte finden sich die Buchstaben $(\mu, \nu) = \mu + \nu = \nu + \mu$, in der unteren die Buchstaben $(\mu, \nu) = \mu - \nu = \nu - \mu$. Die durch die richtigen Buchstaben $(\mu, \mu) = \mu = \mu + \mu = \mu - \mu$ besetzt zu denkenden Diagonalfelder gehören sowohl zu der oberen wie zu der unteren Hälfte. Die Tabellen enthalten daher für beide Operationen \pm die vollständige Anweisung zu ihrer Ausführung.

Die genaue Prüfung ergibt, dass in beiden Tabellen die Grundgesetze A , in der zweiten auch die Gesetze (6'), (6'') erfüllt sind; das System \mathfrak{A} der fünf Dinge $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ bildet daher in beiden Beispielen

eine Dualgruppe, und die zweite dieser beiden Dualgruppen besitzt den Modultypus. Aus der ersten Tabelle folgt nun

$$\begin{aligned}(\alpha + \beta) - (\alpha + \gamma) &= \delta - \gamma = \gamma, \\ \alpha + [\beta - (\alpha + \gamma)] &= \alpha + (\beta - \gamma) = \alpha + \varepsilon = \alpha,\end{aligned}$$

mithin gilt in der ersten Dualgruppe das Modulgesetz (6'') *nicht*. Aus der zweiten Tabelle folgt

$$\begin{aligned}(\alpha + \beta) - (\alpha + \gamma) &= \delta - \delta = \delta, \\ \alpha + (\beta - \gamma) &= \alpha + \varepsilon = \alpha,\end{aligned}$$

mithin gilt in der zweiten Dualgruppe das Idealgesetz (5'') *nicht*. Hiermit sind die obigen Behauptungen gerechtfertigt.

Die eben dem Leser überlassene Prüfung, ob die durch die Tabellen definirten Operationen \pm innerhalb eines Systems \mathfrak{A} den Grundgesetzen A , eventuell auch dem Modulgesetz genügen, erweist sich bei der wirklichen Ausführung schon bei diesen einfachen Beispielen, wo das System \mathfrak{A} endlich ist und nur aus fünf verschiedenen Dingen besteht, als ziemlich mühsam. Dies veranlasst mich, hier noch eine *Transformation der Grundgesetze A* zu besprechen, durch welche deren Prüfung im Allgemeinen wohl etwas erleichtert wird, und die zugleich ein neues Licht auf das Wesen der Dualgruppen wirft.

Ist α ein bestimmtes Ding in einer Dualgruppe \mathfrak{A} , so will ich mit α' das *System* aller in der Form $\alpha + \omega$ darstellbaren Dinge α_1 bezeichnen¹⁾, wo ω jedes Ding in \mathfrak{A} bedeuten kann. Diese Systeme von der Form α' besitzen die folgenden sechs charakteristischen Eigenschaften, in welchen die beiden Operationen \pm gar nicht mehr auftreten:

I. Jedem Dinge α in \mathfrak{A} entspricht ein vollständig bestimmter Theil α' von \mathfrak{A} .

II. Das Ding α ist in α' enthalten.

III. Aus $\alpha' = \beta'$ folgt $\alpha = \beta$.

IV. Ist das Ding α_1 in α' enthalten, so ist das System α'_1 ein Theil von α' .

V. Der Durchschnitt von je zwei Systemen α' , β' (d. h. der Inbegriff aller ihnen gemeinsamen Dinge) ist selbst wieder ein System ν' .

VI. Für je zwei Dinge α , β in \mathfrak{A} giebt es ein Ding μ in \mathfrak{A} , welches den beiden folgenden Bedingungen genügt: α' und β' sind Theile von μ' , und wenn α' , β' Theile von einem System μ'_2 sind, so ist auch μ' ein Theil von μ'_2 .

¹⁾ Diese Systeme α' und die später folgenden Systeme α'' dürfen nicht mit den in §. 3 erklärten unpaaren und paaren Theilen einer Combination α verwechselt werden.

Dass wirklich diese Eigenschaften eine unmittelbare Folge der Grundgesetze \mathcal{A} und der obigen Definition der Systeme α' sind, wird der Leser ohne jede Mühe finden, und zwar wird V. durch $\nu = \alpha + \beta$, und VI. durch $\mu = \alpha - \beta$ erfüllt.

Lässt man nun die Erinnerung an die Operationen \pm gänzlich fallen, und nimmt man lediglich an, es gelten in einem Systeme \mathfrak{A} die vorstehenden sechs Eigenschaften, so kann man den Systemen α' eine zweite Classe von Systemen α'' innerhalb \mathfrak{A} gegenüberstellen, deren Erklärung die folgende ist. Bedeutet α irgend ein Ding in \mathfrak{A} , so giebt es zufolge II. mindestens ein Ding α_2 von der Art, dass α in α_2 enthalten ist, und mit α'' soll der Inbegriff aller dieser Dinge α_2 bezeichnet werden. Man wird sich leicht überzeugen, dass diese Systeme α'' (wenn man zugleich $\alpha_1, \nu, \mu, \mu_2$ resp. durch $\alpha_2, \mu, \nu, \nu_1$ ersetzt) genau *dieselben* sechs Eigenschaften besitzen, wie die Systeme α' , und rückwärts ergibt sich aus den Systemen α'' , falls diese gegeben sind, auf dieselbe Weise wieder die Construction der Systeme α' .

Wenn nun in \mathfrak{A} eine der beiden Classen von Systemen α', α'' und folglich auch die andere gegeben ist, so kann man in \mathfrak{A} zwei Operationen \pm eindeutig dadurch definiren, dass $\alpha + \beta = \nu, \alpha - \beta = \mu$ gesetzt wird, wo ν, μ die in V., VI. angegebene Bedeutung haben, und man zeigt leicht, dass diese Operationen die Grundgesetze \mathcal{A} einer *Dualgruppe* \mathfrak{A} erfüllen, und dass die Systeme α', α'' resp. die Inbegriffe aller in den Formen $\alpha + \omega, \alpha - \omega$ darstellbaren Dinge α_1, α_2 sind.

Aus diesem Kreislauf von den Operationen \pm zu den Systemen α', α'' , und zurück von diesen zu jenen ergibt sich einerseits, dass in einer Dualgruppe \mathfrak{A} nur die *eine* der beiden Operationen \pm durch eine (endliche oder unendliche) Tabelle gegeben zu sein braucht, dass die *andere* hierdurch zugleich vollständig bestimmt ist. Dasselbe ergibt sich übrigens auch ohne die Einführung der Systeme α', α'' leicht aus den Grundgesetzen \mathcal{A} ; nimmt man nämlich an, eine dritte Operation $|$ erfülle für sich allein und in Verbindung mit der Operation $+$ dieselben Gesetze \mathcal{A} , wie die Operation $-$, so ergibt sich, wie der Leser sogleich finden wird, dass immer $\alpha | \beta = \alpha - \beta$, also die Operation $|$ identisch mit $-$ sein muss.

Andererseits lehrt dieser Kreislauf, dass eine Dualgruppe \mathfrak{A} statt durch eine Tabelle, in welcher die Resultate der Operationen \pm oder vielmehr nur einer dieser Operationen dargestellt sind, auch auf ganz andere Art, nämlich durch Angabe aller Systeme α' , oder aller Systeme α'' vollständig definirt werden kann.

So z. B. tritt an die Stelle der beiden obigen Tabellen (oder deren Hälften) je eine Hälfte der beiden folgenden Tabellen:

ω	ω'	ω''	ω	ω'	ω''
α	α, γ, δ	α, ε	α	α, δ	α, ε
β	β, δ	β, ε	β	β, δ	β, ε
γ	γ, δ	$\alpha, \gamma, \varepsilon$	γ	γ, δ	γ, ε
δ	δ	$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$	δ	δ	$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$
ε	$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$	ε	ε	$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$	ε

Diese Tabellen ergeben nun, ohne die Feder zu gebrauchen, durch den blossen Anblick der Zeilen die Bestätigung der obigen sechs Eigenschaften, also den Beweis, dass die beiden Systeme \mathfrak{A} wirklich Dualgruppen sind, und es ist wohl anzunehmen, dass auch bei complicirteren Beispielen unsere zweite Art der Darstellung von Dualgruppen Vorzüge vor der früheren Art besitzen wird. Auch die Prüfung, ob eine Dualgruppe den Modultypus oder gar den Idealtypus besitzt, lässt sich wohl erleichtern, doch kann ich hierauf nicht mehr eingehen ¹⁾).

Zum Schluss erwähne ich noch Folgendes. Ist α_1 in der Form $\alpha + \omega$ darstellbar, also in dem System α' enthalten, so folgt $\alpha + \alpha_1 = \alpha_1$ und hieraus $\alpha - \alpha_1 = \alpha - (\alpha + \alpha_1) = \alpha$; umgekehrt folgt auch $\alpha + \alpha_1 = \alpha_1$ aus $\alpha - \alpha_1 = \alpha$, und α ist in dem System α'' enthalten. Diese Beziehung zwischen zwei Dingen α, α_1 einer Dualgruppe \mathfrak{A} tritt so häufig auf, dass eine noch kürzere Bezeichnung derselben wünschenswerth ist. In der aus allen *Moduln* bestehenden Dualgruppe \mathfrak{A} habe ich hierfür die doppelte Bezeichnung ²⁾

$$\alpha > \alpha_1, \quad \alpha_1 < \alpha$$

eingeführt, die freilich bei der Uebertragung auf andere Beispiele von Dualgruppen dem Sinne, welcher sonst den Zeichen $>, <$ beigelegt wird, oft widersprechen mag, aber für die *allgemeine* Theorie doch ganz unbedenklich ist. Aus der grossen Anzahl von Sätzen über den Gebrauch dieser Zeichen erwähne ich erstens, dass aus $\alpha_1 < \alpha$ und $\alpha < \alpha_2$, was bequem in $\alpha_1 < \alpha < \alpha_2$ zusammengezogen werden kann, stets $\alpha_1 < \alpha_2$ folgt, und zweitens, dass aus $\alpha_1 < \alpha$ und $\alpha_1 > \alpha$ immer $\alpha_1 = \alpha$ folgt. Nun ist oben gezeigt, dass es Dualgruppen giebt, in welchen weder das Idealgesetz (5), noch das Modulgesetz (6) herrscht; dagegen gelten in *jeder* Dualgruppe die folgenden Gesetze

¹⁾ Vergl. D., §. 169, S. 499, Anmerkung.

²⁾ D., §. 169, S. 495. Vergl. auch das oben citirte Werk von Schroder, S. 270, Satz (20).

$$\begin{aligned} & (\alpha - \beta) + (\alpha - \gamma) > \alpha - [\beta + (\alpha - \gamma)] \\ & (\alpha + \beta) - (\alpha + \gamma) < \alpha + [\beta - (\alpha + \gamma)] \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} & \alpha - [\beta + (\alpha - \gamma)] > \alpha - (\beta + \gamma) \\ & \alpha + [\beta - (\alpha + \gamma)] < \alpha + (\beta - \gamma), \end{aligned}$$

also auch die beiden folgenden ¹⁾

$$\begin{aligned} & (\alpha - \beta) + (\alpha - \gamma) > \alpha - (\beta + \gamma) \\ & (\alpha + \beta) - (\alpha + \gamma) < \alpha + (\beta - \gamma). \end{aligned}$$

Die Herstellung der leicht zu findenden Beweise muss ich aber dem Leser überlassen.

§. 5. Abel'sche Gruppe \mathfrak{G} .

Nach dieser Abschweifung kehren wir zu der Aufgabe zurück, die wir in den §§. 1 und 2 für natürliche oder allgemeiner für (positive) rationale Zahlen behandelt haben. Diese Aufgabe soll aber jetzt in doppelter Weise verallgemeinert werden, zunächst dadurch, dass statt drei oder vier Zahlen beliebig viele in endlicher Anzahl n gegeben sein sollen, wobei uns die in §. 3 enthaltenen Betrachtungen über Combinationen nützliche Dienste leisten werden. Die zweite Art der Verallgemeinerung besteht darin, dass wir an Stelle der rationalen Zahlen die Elemente $a, b, c \dots$ einer endlichen oder unendlichen *Abel'schen Gruppe* \mathfrak{G} treten lassen. Wir setzen also voraus, es gebe eine, der Multiplication der Zahlen ähnliche Operation, welche aus je zwei Elementen a, b der Gruppe \mathfrak{G} ein in derselben enthaltenes Element ab erzeugt; wir nennen diese Gruppenoperation unbedenklich eine *Multiplication* und das erzeugte Element ab das *Product* aus den *Factoren* a, b . Ueber diese Operation machen wir drei Annahmen, deren *erste* darin besteht, dass das Commutations- und Associationsgesetz

$$ab = ba, \quad (ab)c = a(bc) \tag{1}$$

erfüllt ist. Wir setzen *zweitens* voraus, es gebe in \mathfrak{G} ein Element o , welches der Zahl 1 bei der Multiplication der Zahlen insofern entspricht, dass die Gleichung

$$ao = a \tag{2}$$

für jedes Element a der Gruppe \mathfrak{G} gilt; es kann nur ein einziges solches Element o geben, weil, wenn p dieselbe Eigenschaft besitzt, op sowohl $= p$, wie $= o$ sein muss; dieses Element o heisst das *Hauptelement* der Gruppe \mathfrak{G} . Unsere *dritte* und letzte Annahme besteht darin, dass zu jedem Elemente a der Gruppe \mathfrak{G} ein *reciprokes*, mit a^{-1} zu bezeichnendes Element von \mathfrak{G} gehört, welches der Bedingung

$$aa^{-1} = o \tag{3}$$

¹⁾ Vergl. Satz (25) auf S. 280 des Werkes von Schroder.

genügt; es kann nur ein einziges solches Element geben, weil, falls $aq = o$ angenommen wird, das Product $qa a^{-1}$ sowohl $= (qa)a^{-1} = a^{-1}$ wie $= q(aa^{-1}) = q$ ist. Offenbar ist a das reciproke Element von a^{-1} , ferner $o^{-1} = o$.

Wir können nun auch eine der Gruppenoperation entgegengesetzte *Division* einführen; dies ist zwar für unseren Zweck nicht durchaus erforderlich, aber die Schreibweise mancher Formeln wird dadurch für das Auge übersichtlicher. Wir definiren daher den aus dem *Zähler* a und dem *Nenner* b gebildeten *Bruch* oder *Quotienten* durch

$$a : b = \frac{a}{b} = a b^{-1} \tag{4}$$

woraus

$$\left(\frac{a}{b}\right)b = a \tag{5}$$

folgt. Zugleich leuchtet ein, dass alle Regeln der Multiplication, Division, Erweiterung und Hebung von Zahlbrüchen sich auf diese neuen Brüche übertragen, und dass jedes Element a der Gruppe auch als Bruch ($a : o$) angesehen werden kann.

Es wird im Folgenden oft von Producten IIa die Rede sein, wo das Productzeichen II sich auf alle m Elemente $a = a_1, a_2 \dots a_m$ bezieht, welche unter einer gemeinsamen Form enthalten sind oder gewissen Bedingungen genügen; ein solches Product ist also erklärt durch

$$IIa = a_1 a_2 \dots a_m \tag{6}$$

Es kommt aber auch vor, dass die Anzahl m der fraglichen Elemente a auf 1 oder 0 herabsinkt, und wir wollen festsetzen, dass unter IIa im ersten Falle immer das einzige Element a_1 selbst, im letzteren Falle immer das Hauptelement o der Gruppe zu verstehen ist.

Dieselbe Regel soll auch für die *Potenz* a^m gelten, d. h. für ein Product aus lauter *gleichen* Factoren a , deren Anzahl der *Exponent* m ist; es wird daher $a^1 = a$, und $a^0 = o$ zu setzen sein. Versteht man ferner unter einer Potenz a^{-m} mit *negativem* Exponenten ($-m$) die m te Potenz von a^{-1} , so gelten für Producte und Quotienten von Potenzen dieselben Regeln, wie in der Arithmetik. —

Nach diesen Vorbereitungen wenden wir uns zu unserem eigentlichen Gegenstande. Wir bezeichnen, wie in §. 3, mit $\alpha, \beta, \gamma \dots$ alle Combinationen, welche sich aus den n Unterscheidungszeichen

$$1, 2 \dots n \tag{7}$$

bilden lassen, und deren Anzahl $= 2^n$ ist. Für jede solche Combination α wählen wir *willkürlich* aus unserer Abel'schen Gruppe \mathcal{G} ein Element, welches wir durch

$$(\alpha, 0) \tag{8}$$

bezeichnen wollen¹⁾. Nachdem dies geschehen ist, definiren wir für jedes Paar von Combinationen α , β ein zugehöriges Element (α, β) der Gruppe \mathfrak{G} durch

$$(\alpha, \beta) = \frac{II(\alpha + \beta'', 0)}{II(\alpha + \beta', 0)} \quad (9)$$

wo das Productzeichen II sich im Zähler auf alle (in §. 3 definirten) *paaren* Theile β'' , im Nenner auf alle *unpaaren* Theile β' der Combination β bezieht²⁾.

Wir bemerken zunächst, dass nach den obigen Festsetzungen über den Gebrauch des Zeichens II das in (9) definirte Element (α, β) , falls $\beta = 0$ sein sollte, von selbst mit dem in (8) gewählten oder gegebenen Element $(\alpha, 0)$ identisch wird, weil es in diesem Falle gar kein unpaares β' und nur ein einziges paares $\beta'' = 0$ giebt. Ist ferner ε ein *Combinationselement*, d. h. eine der n Combinationen *ersten Grades* (7), so giebt es ein einziges unpaares $\varepsilon' = \varepsilon$ und ein einziges paares $\varepsilon'' = 0$, und aus der Definition (9) fließt der Satz

$$(\alpha, 0) = (\alpha + \varepsilon, 0) (\alpha, \varepsilon) \quad (10)$$

welcher nur ein specieller Fall der späteren Sätze (12) und (13) ist. Wir stellen nun einige auf die Quotienten (9) bezügliche Sätze auf.

Satz I. Ist $\alpha - \beta$ von 0 verschieden, haben also α und β mindestens ein Element ε gemeinsam, so ist

$$(\alpha, \beta) = 0 \quad (11)$$

Beweis. Denn wenn man $\beta = \varepsilon + \omega$ setzt, wo ω das Element ε nicht enthält, so bestehen die paaren Theile β'' der Combination β theils aus allen paaren Theilen ω'' der Combination ω , theils aus allen Combinationen von der Form $\varepsilon + \omega'$, wo ω' jeden unpaaren Theil von ω bedeutet; ebenso bestehen die unpaaren Theile β' von β theils aus diesen Combinationen ω' , theils aus allen Combinationen $\varepsilon + \omega''$. Bedenkt man nun, dass ε auch in α enthalten, also $\alpha + \varepsilon = \alpha$ ist, so bestehen die Combinationen $\alpha + \beta''$ aus allen $\alpha + \omega''$ und allen $\alpha + \omega'$, und ebenso bestehen die Combinationen $\alpha + \beta'$ aus allen $\alpha + \omega'$ und allen $\alpha + \omega''$; mithin ist das System der Combinationen $\alpha + \beta''$ identisch mit dem der Combinationen $\alpha + \beta'$, und zufolge der Definition (9) wird $(\alpha, \beta) = 0$, w. z. b. w.

Satz II. Ist ε eine *Combination ersten Grades*, so ist

$$(\alpha, \beta) = (\alpha + \varepsilon, \beta) (\alpha, \beta + \varepsilon) \quad (12)$$

Beweis. Falls ε in β enthalten, also $\beta + \varepsilon = \beta$ ist, leuchtet der Satz unmittelbar ein, weil nach dem vorhergehenden Satze $(\alpha + \varepsilon, \beta) = 0$ ist. Im entgegengesetzten Falle sind die paaren

¹⁾ Eine Beschränkung in der Freiheit dieser Wahl wird erst später in § 7 eintreten.

²⁾ Beispiele solcher Quotienten finden sich am Schlusse von §. 2.

Theile $(\beta + \varepsilon)''$ theils $= \beta''$, theils $= \varepsilon + \beta'$, und die unpaaren Theile $(\beta + \varepsilon)'$ theils $= \beta'$, theils $= \varepsilon + \beta''$; die Definition (9) giebt daher

$$(\alpha, \beta + \varepsilon) = \frac{\Pi(\alpha + \beta'', 0) \Pi(\alpha + \varepsilon + \beta', 0)}{\Pi(\alpha + \beta', 0) \Pi(\alpha + \varepsilon + \beta'', 0)},$$

woraus durch Vergleichung mit (9) und mit

$$(\alpha + \varepsilon, \beta) = \frac{\Pi(\alpha + \varepsilon + \beta'', 0)}{\Pi(\alpha + \varepsilon + \beta', 0)}$$

die Gleichung (12) folgt, w. z. b. w.

Satz III. Sind α, β, γ beliebige Combinationen, so ist

$$(\alpha, \beta) = \Pi(\alpha + \gamma_1, \beta + \gamma_2) \quad (13)$$

wo das Productzeichen Π sich auf alle verschiedenen Paare von Combinationen γ_1, γ_2 bezieht, die den Bedingungen

$$\gamma_1 + \gamma_2 = \gamma, \quad \gamma_1 - \gamma_2 = 0 \quad (14)$$

genügen.

Beweis. Der Satz gilt für $\gamma = 0$, weil in diesem Falle γ nur eine einzige Zerlegung $\gamma_1 = 0, \gamma_2 = 0$ besitzt; er gilt nach dem vorhergehenden Satze auch, wenn γ ein Combinationselement ist, weil dann γ nur die beiden Zerlegungen $\gamma_1 = \gamma, \gamma_2 = 0$ und $\gamma_1 = 0, \gamma_2 = \gamma$ besitzt. Der Inductionsbeweis wird daher vollendet sein, wenn wir annehmen, der Satz gelte für jede Combination γ vom Grade r , und hieraus seine Gültigkeit für jede Combination δ vom Grade $r + 1$ ableiten. Offenbar kann man $\delta = \gamma + \varepsilon$ setzen, wo ε ein beliebig gewähltes Element von δ bedeutet, während γ die aus den übrigen r Elementen von δ bestehende Combination ist. Behalten nun γ_1, γ_2 ihre obige Bedeutung, so zerfallen alle Paare δ_1, δ_2 , welche den Bedingungen $\delta_1 + \delta_2 = \delta, \delta_1 - \delta_2 = 0$ genügen, in zwei verschiedene Arten, je nachdem das Element ε in δ_1 oder δ_2 aufgenommen wird, im ersten Falle ist $\delta_1 = \varepsilon + \gamma_1, \delta_2 = \gamma_2$, im zweiten $\delta_1 = \gamma_1, \delta_2 = \varepsilon + \gamma_2$, und folglich wird das auf alle Paare δ_1, δ_2 ausgedehnte Product

$$\Pi(\alpha + \delta_1, \beta + \delta_2) = \Pi(\alpha + \varepsilon + \gamma_1, \beta + \gamma_2) \Pi(\alpha + \gamma_1, \beta + \varepsilon + \gamma_2).$$

Da nach unserer Annahme der Satz (13) für jede Combination γ vom Grade r gilt, so ist auch

$$\begin{aligned} (\alpha + \varepsilon, \beta) &= \Pi(\alpha + \varepsilon + \gamma_1, \beta + \gamma_2) \\ (\alpha, \beta + \varepsilon) &= \Pi(\alpha + \gamma_1, \beta + \varepsilon + \gamma_2), \end{aligned}$$

woraus mit Rücksicht auf den vorhergehenden Satz (12) sich

$$\Pi(\alpha + \delta_1, \beta + \delta_2) = (\alpha, \beta)$$

ergiebt, w. z. b. w.

Beispiele zu diesem, im Folgenden sehr häufig anzuwendenden Satze, den wir kurz den *Productsatz* nennen wollen, findet man in den Gleichungen (3), (5), (7) des §. 2. Wir wollen noch bemerken,

dass der Satz zufolge I auch dann gilt, wenn man die zweite der Bedingungen (14) fallen lässt; doch würde diese Verallgemeinerung nur eine scheinbare und kaum von Nutzen sein.

Satz IV. Sind α, β, γ beliebige Combinationen, so ist

$$(\alpha, \beta + \gamma) = \frac{\Pi(\alpha + \gamma'', \beta)}{\Pi(\alpha + \gamma', \beta)} \quad (15)$$

wo γ'' alle paaren, γ' alle unpaaren Theile von γ durchläuft.

Beweis. Der Satz gilt offenbar für $\gamma = 0$, weil es dann nur ein einziges $\gamma'' = 0$ und gar kein γ' gibt, also der Nenner = 0 wird. Gilt der Satz für jede Combination γ vom Grade r , und setzt man irgend eine Combination δ vom Grade $r + 1$ wieder in die Form $\gamma + \varepsilon$, wo ε ein Element von δ bedeutet, so bestehen die paaren Theile δ'' theils aus den Combinationen γ'' , theils aus den Combinationen $\varepsilon + \gamma'$ und die unpaaren Theile δ' bestehen aus den Combinationen γ' und $\varepsilon + \gamma''$; mithin wird

$$\begin{aligned} \Pi(\alpha + \delta'', \beta) &= \Pi(\alpha + \gamma'', \beta) \Pi(\alpha + \varepsilon + \gamma', \beta) \\ \Pi(\alpha + \delta', \beta) &= \Pi(\alpha + \gamma', \beta) \Pi(\alpha + \varepsilon + \gamma'', \beta) \end{aligned}$$

also nach unserer Inductionsannahme

$$\frac{\Pi(\alpha + \delta'', \beta)}{\Pi(\alpha + \delta', \beta)} = \frac{(\alpha, \beta + \gamma)}{(\alpha + \varepsilon, \beta + \gamma)},$$

und da die rechte Seite zufolge (12), wenn dort β durch $\beta + \gamma$ ersetzt wird, $= (\alpha, \beta + \gamma + \varepsilon) = (\alpha, \beta + \delta)$ ist, so gilt unser Satz auch für jede Combination δ vom Grade $r + 1$, also allgemein, w. z. b. w.

Satz V. Sind α, β, γ beliebige Combinationen, so ist

$$(\alpha + \gamma, \beta) = \frac{\Pi(\alpha, \beta + \gamma'')}{\Pi(\alpha, \beta + \gamma')} \quad (16)$$

wo γ'' alle paaren, γ' alle unpaaren Theile von γ durchläuft.

Den auf dieselbe Weise wie im vorigen Satze zu führenden Inductionsbeweis dürfen wir dem Leser überlassen. Als einen bemerkenswerthen speciellen Fall wollen wir aber noch den Satz

$$(\alpha, \beta) = \frac{\Pi(0, \beta + \alpha'')}{\Pi(0, \beta + \alpha')} \quad (17)$$

hervorheben, der sich aus (16) ergibt, wenn man α, γ resp. durch $0, \alpha$ ersetzt; hieraus geht nämlich hervor, dass die durch (9) definirten Elemente $(0, \omega)$ unserer Abel'schen Gruppe \mathfrak{G} *unabhängige* Functionen von den willkürlich gewählten oder gegebenen Elementen $(\omega, 0)$ sind, insofern die letzteren und überhaupt alle (α, β) sich durch die ersteren ausdrücken lassen.

§. 6. Ganze Elemente in \mathfrak{G} .

Auch die im vorhergehenden §. 5 enthaltenen Sätze sind nur als Vorbereitungen für unser eigentliches Ziel anzusehen, welches darin besteht, die in den §§. 1 und 2 beschriebenen Zahlenbildungen so weit

wie möglich zu verallgemeinern. Zu ihrer Uebertragung auf die Abel'sche Gruppe \mathfrak{G} fehlt aber bis jetzt immer noch das wesentlichste Moment, nämlich die Unterscheidung der *ganzen* und *nicht ganzen* Elemente dieser Gruppe, also auch der Begriff der *Theilbarkeit* und eine *Operation*, welche der Bildung des grössten gemeinsamen Theilers von zwei Zahlen entspricht. Der Kürze wegen beginnen wir, weil daraus alles Andere folgt, mit dem zuletzt genannten Punkte und machen die neue *Annahme*, es gebe in unserer Abel'schen Gruppe \mathfrak{G} ausser der eigentlichen Gruppenoperation (der Multiplication), welche aus je zwei Elementen a, b deren Product ab erzeugt, noch eine zweite Operation $+$, die wir unbedenklich *Addition* nennen wollen, und welche aus a, b ein Element $a + b$ derselben Gruppe \mathfrak{G} , die *Summe* der *Glieder* a, b erzeugt; und zwar setzen wir voraus, dass diese Operation $+$ für sich allein und in Verbindung mit der Gruppenoperation den vier folgenden Fundamentalgesetzen

$$a + a = a \quad (1)$$

$$a + b = b + a \quad (2)$$

$$(a + b) + c = a + (b + c) \quad (3)$$

$$(a + b)c = ac + bc \quad (4)$$

gehört, deren Inbegriff wir kurz mit G bezeichnen wollen. Diese Gesetze herrschen, wenn die Operation $+$ als Bildung des grössten gemeinsamen Theilers gedeutet wird, thatsächlich in der Theorie der rationalen Zahlen, ebenso auch in der allgemeineren Theorie der Moduln¹⁾, und mit gewissen Vorbehalten kann man behaupten, dass sie umgekehrt das Wesen der genannten Bildung erschöpfen.

Indem wir die aus (2) und (3) fliessenden bekannten Folgerungen übergehen (D., §. 2), bemerken wir, dass zufolge (4), wenn c durch c^{-1} ersetzt wird, auch die Regeln der Buchstabenrechnung für die Addition von Brüchen gelten, durch das Gesetz (1) treten aber wesentliche Vereinfachungen ein, und wir heben namentlich die beiden folgenden, leicht zu beweisenden Sätze

$$(a + b + c)(bc + ca + ab) = (b + c)(c + a)(a + b) \quad (5)$$

$$(a + b)^m = a^m + a^{m-1}b + \dots + ab^{m-1} + b^m \quad (6)$$

hervor (D., §. 170, S. 503), von denen wir sogleich Gebrauch machen werden. Multiplicirt man die rechte Seite in (6), wo $m \geq 0$ ist, mit $(a^m + b^m)$, so wird sie $= (a + b)^{2m}$, mithin ist in unserer Gruppe auch $(a + b)^m = a^m + b^m$.

Vor Allem müssen wir darauf aufmerksam machen, dass durch die Annahme der Existenz der Operation $+$ innerhalb der Abel'schen

¹⁾ Vergl. D., §. 169, S. 496 und §. 170, S. 502. — Die Moduln a bilden aber in ihrer Gesammtheit keine Abel'sche Gruppe; denn wenn es auch einen Modul $o = [1]$ gibt, welcher der Bedingung (2) in §. 5 genügt (D., §. 170, S. 500), so giebt es doch im Allgemeinen keine reciproken Moduln a^{-1} , welche der Bedingung (3) in §. 5 genügen

Gruppe \mathfrak{G} die Allgemeinheit der letzteren eine wesentliche *Beschränkung* erlitten hat; dies leuchtet unmittelbar ein durch den folgenden

Satz: Die einzige in \mathfrak{G} als Theiler enthaltene endliche Gruppe besteht aus dem Hauptelemente \mathfrak{o} .

Beweis. Ist \mathfrak{H} eine aus h Elementen \mathfrak{a} bestehende Theilgruppe in \mathfrak{G} , so ist bekanntlich $\mathfrak{a}^h = \mathfrak{o}$; aus (6) ergibt sich ferner

$$(\mathfrak{a} + \mathfrak{o})^{h-1} = \mathfrak{a}^{h-1} + \mathfrak{a}^{h-2} + \dots + \mathfrak{a} + \mathfrak{o},$$

also

$$\mathfrak{a}(\mathfrak{a} + \mathfrak{o})^{h-1} = \mathfrak{o} + \mathfrak{a}^{h-1} + \dots + \mathfrak{a}^2 + \mathfrak{a} = (\mathfrak{a} + \mathfrak{o})^{h-1},$$

mithin $\mathfrak{a} = \mathfrak{o}$, w. z. b. w.

Eine Abel'sche Gruppe \mathfrak{G} , in welcher die Operation $+$ existirt, muss daher, falls sie nicht aus einem einzigen Elemente \mathfrak{o} bestehen soll — welchen interesselosen Fall wir ausschliessen wollen —, jedenfalls eine *unendliche* Gruppe sein. Eine unmittelbare Folge hiervon ist auch der

Satz: Ist \mathfrak{a} von \mathfrak{o} verschieden, so folgt aus $\mathfrak{a}^r = \mathfrak{a}^s$ immer $r = s$.

Beweis. Denn wenn man annimmt, es sei z. B. $r > s$, so folgt $\mathfrak{a}^{r-s} = \mathfrak{o}$, und die Potenzen $\mathfrak{o}, \mathfrak{a}, \mathfrak{a}^2 \dots \mathfrak{a}^{r-s-1}$, mögen sie verschieden oder theilweise einander gleich sein, bilden jedenfalls eine endliche Gruppe, woraus im Widerspruch mit unserer Annahme folgen würde, dass $\mathfrak{a} = \mathfrak{o}$ ist.

Betrachten wir nun die denkbar einfachste *unendliche* Abel'sche Gruppe \mathfrak{G} , welche aus allen Potenzen \mathfrak{a}^r eines von \mathfrak{o} verschiedenen Elementes \mathfrak{a} besteht, so wollen wir uns die Frage stellen: kann es in einer solchen Gruppe \mathfrak{G} eine Operation $+$ geben, die den obigen Gesetzen \mathcal{G} gehorcht? Gesetzt, es sei der Fall, so muss es eine ganze Zahl e geben, welche der Bedingung

$$\mathfrak{o} + \mathfrak{a} = \mathfrak{a}^e \tag{7}$$

genügt. Falls nun diese Zahl e *positiv* ist, so addiren wir unter Beachtung von (1) auf beiden Seiten alle Potenzen \mathfrak{a}^r , deren Exponenten r der Bedingung $1 \leq r \leq e$ genügen, und erhalten

$$\mathfrak{o} + \mathfrak{a} + \dots + \mathfrak{a}^e = \mathfrak{a} + \dots + \mathfrak{a}^e,$$

also

$$(\mathfrak{o} + \mathfrak{a})^e = \mathfrak{a}(\mathfrak{o} + \mathfrak{a})^{e-1}, \quad \mathfrak{o} + \mathfrak{a} = \mathfrak{a},$$

mithin muss $e = 1$ sein. Ist $m \geq 0$, so folgt hieraus

$$\mathfrak{a}^m = (\mathfrak{o} + \mathfrak{a})^m = \mathfrak{o} + \mathfrak{a} + \dots + \mathfrak{a}^m,$$

also zufolge (1) auch

$$\mathfrak{o} + \mathfrak{a}^m = \mathfrak{a}^m,$$

und hieraus ergibt sich das allgemeine Gesetz

$$\mathfrak{a}^r + \mathfrak{a}^s = \mathfrak{a}^h \tag{8}$$

wo h die *algebraisch grösste* der beiden ganzen rationalen Zahlen r, s bedeutet. Sieht man umgekehrt dieses Gesetz als Definition der Opera-

tion $+$ innerhalb der Potenzengruppe \mathfrak{G} an, so leuchtet ein, dass hierdurch die Gesetze G wirklich erfüllt sind. Auf ähnliche Weise lässt sich auch die zweite Annahme behandeln, dass der in (7) auftretende Exponent e *nicht positiv* ist; doch kann dieser Fall kürzer auf den vorigen zurückgeführt werden. Bedenkt man nämlich, dass unsere Gruppe \mathfrak{G} auch als Inbegriff aller Potenzen des reciproken Elementes $b = a^{-1}$ aufgefasst werden kann, wodurch (7) die Form $a + b = b^{1-e}$ annimmt, so muss der nach der jetzigen Annahme *positive* Exponent $1 - e = 1$, also $e = 0$ sein, und aus dem obigen Gesetze $b^r + b^s = b^h$ ergibt sich für diesen Fall das Gesetz

$$a^r + a^s = a^k \quad (9)$$

wo k die *algebraisch kleinste* der Zahlen r, s bedeutet. In der aus allen Potenzen eines Elementes a bestehenden unendlichen Abel'schen Gruppe \mathfrak{G} giebt es daher *zwei verschiedene Operationen* $+$, deren jede zufolge ihrer Definition (8) oder (9) den vier Gesetzen G genügt.

Nachdem das Wesen dieser Gesetze durch das vorstehende Beispiel der Potenzengruppe einigermaassen erläutert ist, will ich noch zwei Beispiele von Abel'schen Gruppen \mathfrak{G} anführen, in welchen es ausser der Gruppenoperation (Multiplication) auch Operationen $+$ (Additionen) giebt, welche den genannten Gesetzen gehorchen. Das System aller *Idealbrüche* a eines endlichen Körpers Ω , unter denen auch die *Ideale* als *ganze* Idealbrüche enthalten sind, bildet eine Abel'sche Gruppe \mathfrak{G} , insofern ihre Multiplication (die Gruppenoperation) die in §. 5 angegebenen Gesetze (1), (2), (3) erfüllt (D., §. 178, S. 560, Anmerkung); ferner ist der grösste gemeinsame Theiler $a + b$ von je zwei solchen Idealbrüchen a, b ebenfalls in \mathfrak{G} enthalten, und die hierdurch definirte Operation $+$ genügt, weil die Idealbrüche zugleich Moduln sind, auch den obigen Gesetzen G . Dieses Beispiel besitzt noch die besondere Eigenschaft, dass jedes Element a der Gruppe \mathfrak{G} stets und nur auf eine einzige Weise als Product von Potenzen p^r darstellbar ist, deren Basen p gewisse ausgezeichnete Elemente der Gruppe \mathfrak{G} , nämlich die *Primideale* des Körpers Ω sind, während die Exponenten r alle ganzen rationalen Zahlen durchlaufen können; um nun zu zeigen, dass diese Eigenschaft nicht etwa, wie man vermuthen könnte, den tieferen Grund für die Existenz der Operation $+$ in der Gruppe \mathfrak{G} bildet, will ich noch ein *zweites* Beispiel anführen, dem die genannte Eigenschaft fehlt.

Ist a eine bestimmte von Null verschiedene *algebraische Zahl* ¹⁾ und \mathfrak{o} das System aller *algebraischen Einheiten* ²⁾, so bilden alle mit a *associirten* Zahlen, d. h. alle Producte von der Form ae , wo e alle Einheiten durchläuft, ein System \mathfrak{a} , welches ungeändert bleibt,

1) Vergl. S. 427, 452, 524 der zweiten, dritten, vierten Auflage von Dirichlet's Zahlentheorie.

2) Daselbst, S. 439, 457, 532.

wenn a selbst durch irgend eine in α enthaltene Zahl ae ersetzt wird; dies beruht darauf, dass die Producte und Quotienten von irgend zwei Einheiten ebenfalls Einheiten sind. Jede in α enthaltene Zahl kann daher als Repräsentant oder erzeugende Zahl von α angesehen werden. Offenbar ist α selbst ein solches System, als dessen Repräsentant die Zahl 1 oder jede andere Einheit gelten kann. Ist β ebenfalls ein solches, durch die Zahl b erzeugtes System, so leuchtet ein, dass alle aus je einem Factor des Systems α und je einem Factor des Systems β gebildeten Producte dem durch das Product ab erzeugten System angehören; nennen wir dieses letztere System (dessen Zahlen umgekehrt immer, und zwar auf unendlich viele Arten als solche Producte von Zahlen aus α und β dargestellt werden können) das *Product* der Systeme α , β und bezeichnen wir dasselbe mit $\alpha\beta$, so bildet der Inbegriff aller dieser Systeme α vermöge dieser Operation der Multiplication offenbar eine Abel'sche Gruppe \mathfrak{G} , deren Hauptelement das System α aller Einheiten ist, während das zu α reciproke Element α^{-1} durch die Zahl α^{-1} erzeugt wird. Auf einem viel tiefer liegenden Grunde beruht aber die Möglichkeit, in diese Gruppe \mathfrak{G} eine zweite Operation $+$ einzuführen, welche den Gesetzen \mathfrak{G} gehorcht. Ich habe bewiesen¹⁾, dass je zwei algebraische Zahlen a , b einen sogenannten grössten gemeinsamen Theiler d besitzen, welcher dadurch charakterisirt ist, dass es vier *ganze*²⁾ algebraische Zahlen a' , b' , x , y giebt, welche den Bedingungen

$$a = da', \quad b = db', \quad ax + by = d \quad (10)$$

genügen; dieser Satz ist zwar nur für den damals allein wichtigen Fall bewiesen, wo a und b (also auch d) *ganze* Zahlen sind; da aber zwei beliebige algebraische Zahlen a , b durch Multiplication mit einem von Null verschiedenen Factor m stets in ganze Zahlen ma , mb verwandelt werden können³⁾, so leuchtet die allgemeine Gültigkeit des Satzes sofort ein, wenn man den grössten gemeinsamen Theiler der ganzen Zahlen ma , mb mit md bezeichnet. Aus der Form der charakteristischen Gleichungen (10) ergibt sich ferner, dass zu zwei gegebenen Zahlen a , b immer unendlich viele solche Zahlen d gehören, deren Inbegriff das in der obigen Weise durch irgend eine von ihnen erzeugte System β ist, und dieses System β bleibt auch ungeändert, wenn a , b durch irgend welche Zahlen der ihnen entsprechenden Systeme α , β ersetzt werden. Das Element β unserer Gruppe \mathfrak{G} ist daher durch die Elemente a , b vollständig bestimmt, und folglich wird eine neue Operation $+$ durch die Festsetzung $a + b = \beta$ eindeutig erklärt; dass dieselbe den

1) Vergl. S. 465, 541, 577 der zweiten, dritten, vierten Auflage von Dirichlet's Zahlentheorie

2) Daselbst, S. 437, 452, 524.

3) Daselbst, S. 439, 493, 525.

vier Gesetzen G genügt, wird der Leser ohne Mühe aus den Gleichungen (10) ableiten. Ich bemerke aber zum Schluss, dass in dieser Gruppe \mathfrak{G} eine Darstellung aller Elemente a als Producte von Potenzen von festen Primelementen *nicht* vorhanden ist (vergl. D., §. 174). —

Wir verlassen diese Beispiele und wenden uns zur Betrachtung irgend einer Abel'schen Gruppe \mathfrak{G} , in welcher es eine Addition $+$ mit den obigen Eigenschaften giebt. Indem wir nun eine Reihe von Benennungen einführen, die denen der Zahlentheorie nachgebildet sind, bemerken wir vor allen Dingen, dass dieselben sich stets auf diese eine Operation $+$ beziehen; dies muss deshalb hervorgehoben werden, weil es, wie sich bald zeigen wird, in jeder solchen Gruppe \mathfrak{G} mindestens *zwei verschiedene* solche Operationen $+$ giebt (vergl. das obige Beispiel der aus allen Potenzen a' bestehenden Gruppe auf S. 24).

Wir nennen ein Element a der Gruppe \mathfrak{G} *ganz*, wenn $a + 0 = 0$ ist, im entgegengesetzten Falle *gebrochen*. Dann ergibt sich zunächst, dass alle Producte und Summen von ganzen Elementen ebenfalls ganz sind; denn durch Addition der beiden Gleichungen $a + 0 = 0$, $b + 0 = 0$ erhält man $(a + b) + 0 = 0$; multiplicirt man ferner die erste mit b , so folgt $ab + b = b$, und wenn man auf beiden Seiten 0 addirt, so ergibt sich $ab + 0 = 0$, w. z. b. w.

Das (ganze oder gebrochene) Element a soll *theilbar* durch b heissen, wenn $a + b = b$ ist; dies kommt offenbar darauf hinaus, dass ab^{-1} ein *ganzes* Element g , also $a = bg$ ist; wir nennen zugleich a ein *Vielfaches* von b , und b einen *Theiler* von a , und es leuchtet ein, dass die durch das Hauptelement 0 theilbaren Elemente, und nur diese ganz sind. Benutzt man (wie in der Modultheorie) für diese Theilbarkeit die doppelte Bezeichnung

$$a > b, \quad b < a,$$

so findet man leicht, dass aus $a > b$ und $b > c$ auch $a > c$, und dass aus $a > b$ und $b > a$ auch $a = b$ folgt.

Die Summe $a + b$ von zwei beliebigen Elementen a, b ist immer ein gemeinsamer Theiler derselben, und jeder gemeinsame Theiler n von a, b ist ein Theiler von der Summe $a + b$, weil aus $a + n = n$ und $b + n = n$ durch Addition auch $(a + b) + n = n$ folgt; der Analogie wegen kann man daher die Summe $a + b$ auch den *grossten* gemeinsamen Theiler von a, b nennen.

Zwei Elemente a, b sollen *fremd*¹⁾ heissen, wenn ihre Summe $a + b = 0$ ist; zwei solche Elemente a, b sind offenbar stets *ganze* Elemente, und 0 ist ihr einziger *ganzer* gemeinsamer Theiler.

¹⁾ Dieses Wort wird hier in ganz anderem Sinne gebraucht, wie bei den Combinationen in §. 3, nämlich analog dem Begriffe der relativen Primzahlen in der Zahlentheorie.

Ist a fremd zu b und zu c , so ist a auch fremd zu bc ; multiplicirt man nämlich die erste der beiden Gleichungen $a + b = o$, $a + c = o$, aus deren letzter auch $c + o = o$, also $ac + a = a$ folgt, mit c , so erhält man $ac + bc = c$, und wenn man auf beiden Seiten a addirt, so folgt $(a + ac) + bc = a + c$, also $a + bc = o$, w. z. b. w.

Umgekehrt, wenn a fremd zu dem Producte bc der beiden *ganzen* Elemente b, c ist, so ist a auch fremd zu jedem der beiden Factoren b, c ; denn aus der letzten der drei Annahmen $a + bc = o$, $b + o = o$, $c + o = o$ folgt $b = bc + b$, also $a + b = (a + bc) + b = o + b = o$, w. z. b. w.

Durch wiederholte Anwendung dieser beiden Sätze ergibt sich der allgemeinere: zwei Producte p, q sind gewiss fremd, wenn jeder Factor von p fremd zu jedem Factor von q ist, und umgekehrt folgt das Letztere auch aus dem Ersteren, wenn zugleich alle diese Factoren ganz sind.

Sind a, b beliebige Elemente, so sind die aus ihnen gebildeten Elemente

$$a' = \frac{a}{a + b}, \quad b' = \frac{b}{a + b}$$

immer fremd, d. h. es ist $a' + b' = o$; man kann daher

$$a = (a + b)a', \quad b = (a + b)b'$$

setzen, und jeder Quotient $(a : b)$, also auch jedes Element $a = (a : o)$, kann folglich in der Form $(a' : b')$, d. h. als Quotient von zwei fremden Elementen a', b' dargestellt werden; dass es nur eine einzige solche Darstellung giebt, ist leicht zu beweisen.

Indem wir eine Reihe anderer, ebenso leicht zu beweisender Sätze über fremde Elemente übergehen, wenden wir uns zur Betrachtung der *gemeinsamen Vielfachen* c von zwei Elementen a, b , wobei wir die eben festgesetzte Bedeutung von a', b' beibehalten. Aus den Annahmen $c + a = a$, $c + b = b$ folgt durch Multiplication mit b, a resp. $bc + ab = ab$, $ac + ab = ab$, und hieraus durch Addition $(a + b)c + ab = ab$, oder wenn man durch $(a + b)$ dividirt und

$$m = \frac{ab}{a + b} = ab' = ba' = (a + b)a'b'$$

setzt, $c + m = m$, d. h. c ist theilbar durch m ; da nun fremde Elemente a', b' stets ganz sind, so ist m ebenfalls theilbar durch a und b , mithin sind die gemeinsamen Vielfachen c von a, b identisch mit den sämtlichen Vielfachen dieses Elementes m , welches daher nach Analogie mit der Zahlentheorie das *kleinste* gemeinsame Vielfache von a, b heissen mag. Wir wollen nun die Bildung dieses Elementes m aus den Elementen a, b als eine neue *Operation* — in unsere Gruppe einführen; dieselbe wird also definirt durch

$$a - b = \frac{ab}{a + b} \tag{11}$$

oder, was dasselbe sagt, durch

$$a - b = (a^{-1} + b^{-1})^{-1} \quad (12)$$

und zugleich gilt der Satz

$$(a + b)(a - b) = ab \quad (13)$$

Vor Allem bemerken wir, dass diese neue Operation — für sich allein und in Verbindung mit der Gruppenoperation den vier folgenden Gesetzen

$$a - a = a \quad (1')$$

$$a - b = b - a \quad (2')$$

$$(a - b) - c = a - (b - c) \quad (3')$$

$$(a - b)c = ac - bc \quad (4')$$

gehört, welche vollständig den Gesetzen G entsprechen, und deren Inbegriff wir mit G' bezeichnen wollen. Die Beweise von (1') und (2') liegen auf der Hand. Ferner ergibt sich aus der Definition

$$(a - b) - c = \frac{(a - b)c}{(a - b) + c}$$

und wenn man den Bruch rechter Hand unter Beachtung von (13) durch $(a + b)$ erweitert, so erhält man

$$(a - b) - c = \frac{abc}{bc + ca + ab} = (a^{-1} + b^{-1} + c^{-1})^{-1},$$

woraus wegen der Symmetrie (3') folgt. Ebenso ergibt sich die Gleichung (4'), weil jede ihrer beiden Seiten, wenn sie mit $(a + b)c = (ac + bc)$ multiplicirt wird, dasselbe Product abc^2 giebt.

Es erscheint also hier die schon oben angekündigte merkwürdige Thatsache, dass, wenn es in einer Abel'schen Gruppe \mathfrak{G} eine Operation $+$ giebt, welche den Gesetzen G gehorcht, daraus immer eine zweite Operation $-$ abgeleitet werden kann, welche genau dieselben Gesetze befolgt. Es fragt sich daher: können diese beiden Operationen \pm vielleicht identisch sein? Nehmen wir an, zwei Elemente a, b genügen der Bedingung $a - b = a + b$, woraus durch Multiplication mit $(a + b)$ auch $ab = (a + b)^2 = a^2 + ab + b^2$ folgt, so erhält man durch Addition von a^2 und von b^2 die beiden Gleichungen $a(a + b) = (a + b)^2$ und $b(a + b) = (a + b)^2$, mithin $a = b = a + b$; da also für je zwei *verschiedene* Elemente a, b auch $(a - b)$ verschieden von $(a + b)$ wird, so sind die beiden Operationen \pm *nicht* identisch mit einander; aus (12) geht aber zugleich hervor, dass sie sich vollständig mit einander vertauschen, wenn jedes Element a der Gruppe \mathfrak{G} durch das reciproke Element a^{-1} ersetzt wird (vergl. das oben angeführte Beispiel der einfachen Potenzengruppe). Hierbei wollen wir auch bemerken, dass der Satz (12), auf eine beliebige Anzahl von Elementen ausgedehnt, in der doppelten Form¹⁾

¹⁾ Vergl. D., § 178, S. 555.

$$(a - b - c - \dots)^{-1} = a^{-1} + b^{-1} + c^{-1} + \dots \quad (14)$$

$$(a + b + c + \dots)^{-1} = a^{-1} - b^{-1} - c^{-1} - \dots \quad (15)$$

dargestellt werden kann, was durch vollständige Induction leicht zu beweisen ist.

Es erscheint ferner die andere merkwürdige Thatsache, dass zwischen den beiden Operationen \pm auch die Beziehungen

$$a + (a - b) = a \quad (16)$$

$$a - (a + b) = a \quad (17)$$

bestehen, welche schon daraus folgen, dass $a - b$ durch a , und a durch $a + b$ theilbar ist; man kann sie aber auch dadurch beweisen, dass man die linke Seite der ersten Gleichung mit $(a + b)$, die der zweiten mit $(a - b)$ multiplicirt, wodurch zufolge (13) resp. die Producte $a(a + b)$, $a(a - b)$ entstehen. Offenbar stimmen nun die sechs Gesetze (2), (3), (2'), (3'), (16), (17), in welchen die eigentliche Gruppenoperation gar nicht auftritt, genau mit den sechs Gesetzen \mathcal{A} des §. 3 überein, welche dann die Grundlage für die Betrachtungen des §. 4 gebildet haben; wir können daher sagen, dass unsere Abel'sche Gruppe \mathcal{G} , wenn man von der Multiplication ihrer Elemente ganz absieht und nur die beiden Operationen \pm in das Auge fasst, auch eine *Dualgruppe* ist, und wir wollen zum Schluss noch zeigen, dass dieselbe den *Idealtypus* besitzt, d. h. dass in ihr das Doppelgesetz (5) des §. 3 gilt:

$$(a - b) + (a - c) = a - (b + c) \quad (18)$$

$$(a + b) - (a + c) = a + (b - c) \quad (19)$$

Dies ergibt sich aus der Definition der Operation $-$ durch die folgenden Rechnungen:

$$(a - b) + (a - c) = \frac{ab}{a + b} + \frac{ac}{a + c} = \frac{a(bc + ca + ab)}{(a + b)(c + a)}$$

$$a - (b + c) = \frac{a(b + c)}{a + b + c}$$

$$(a + b) - (a + c) = \frac{(a + b)(c + a)}{a + b + c}$$

$$a + (b - c) = a + \frac{bc}{b + c} = \frac{bc + ca + ab}{b + c}$$

und aus dem obigen Satze (5) folgt die Identität der beiden ersten und ebenso die der beiden letzten Ausdrücke, w. z. b. w.

§. 7. Lösung der Aufgabe.

Wir kehren jetzt zurück zu der in §§. 1 und 2 für rationale Zahlen behandelten Aufgabe, um dieselbe auf ein beliebig gegebenes System von n Elementen

$$a_1, a_2 \dots a_n \quad (1)$$

der in den §§. 5 und 6 betrachteten Abel'schen Gruppe \mathcal{G} zu übertragen. Es handelt sich darum, diejenigen Zerlegungen dieser Elemente in Factoren zu finden, welche sich aus der Bildung der grössten gemeinsamen Theiler

$$\begin{aligned} & a_1 + a_2, \quad a_1 + a_3 \dots \\ & a_1 + a_2 + a_3, \quad a_1 + a_2 + a_4 \dots \\ & a_1 + a_2 + a_3 + a_4 \dots \\ & \dots \dots \dots \end{aligned}$$

von irgend welchen Combinationen aus diesen Elementen ableiten lassen; diese grössten gemeinsamen Theiler sind, da ihre Bildung als stets ausführbar angenommen wird, ebenfalls als gegeben anzusehen.

Zu diesem Zwecke benutzen wir die in §. 5 beschriebene Bezeichnungsweise, indem wir zunächst die n gegebenen Elemente (1) der Reihe nach mit den Zeichen

$$(1,0), (2,0) \dots (n, 0) \tag{2}$$

belegen. Während nun in §. 5 auch alle anderen Elemente von der Form $(\alpha, 0)$, wo α jede beliebige Combination aus den n Unterscheidungszeichen $1, 2 \dots n$ bedeutet, als *willkürlich* wählbar oder gegeben angesehen werden durften, so wollen wir jetzt diese Wahlfreiheit gänzlich aufheben, indem wir festsetzen, dass

$$(\alpha, 0) = (\varepsilon_1, 0) + (\varepsilon_2, 0) + \dots \tag{3}$$

sein soll, wo $\varepsilon_1, \varepsilon_2 \dots$ die sämtlichen Combinationen *ersten* Grades bedeuten, deren Summe die Combination α ist; es wird also $(\alpha, 0)$ defnirt als der grösste gemeinsame Theiler aller derjenigen in der Reihe (2) enthaltenen Gruppenelemente $(\varepsilon, 0)$, welche den in α enthaltenen Combinationselementen ε entsprechen; falls α selbst vom ersten Grade ist, so besteht die Summe (3) aus einem einzigen Gliede, welches das entsprechende Element in der Reihe (2) ist. Hiermit sind alle Elemente $(\alpha, 0)$ durch (2) vollständig *gegeben*, mit Ausnahme des Elementes $(0,0)$, das vorläufig noch *willkürlich* bleiben mag.

Aus diesen Elementen $(\alpha, 0)$, deren Anzahl $= 2^n$ ist, bilden wir nun nach der Definition (9) in §. 5, also durch Multiplication und Division, alle Elemente von der Form (α, β) ; diese sind daher, *wenn α von 0 verschieden ist*, ebenfalls durch die n Elemente (2) vollständig *gegeben*, während in allen Ausdrücken von der Form $(0, \beta)$ auch das Element $(0, 0)$ auftritt. Dann gelten die in §. 5 bewiesenen Sätze I bis V, und von diesen giebt der allgemeine *Productsatz III* die *vollständige Lösung unserer Aufgabe*. Die Beschaffenheit dieser Lösung wollen wir aber durch die folgenden Sätze deutlich machen, welche aus der Definition (3) fliessen.

Satz I. Sind die Combinationen α, β von 0 verschieden und ω beliebig, so ist

$$(\alpha, \omega) + (\beta, \omega) = (\alpha + \beta, \omega) \tag{4}$$

Beweis. Zunächst leuchtet ein, dass dieser Satz für $\omega = 0$ gilt. Denn wenn ε alle Elemente der Combination α , ebenso η alle Elemente der Combination β durchläuft, so ist $(\alpha, 0)$ zufolge (3) die Summe aller $(\varepsilon, 0)$, ebenso ist $(\beta, 0)$ die Summe aller $(\eta, 0)$, und $(\alpha + \beta, 0)$ ist die Summe aller $(\theta, 0)$, wo θ alle Elemente der Combination $(\alpha + \beta)$ durchläuft. Nun tritt zwar, wenn α und β gemeinsame Elemente $\varepsilon = \eta$ besitzen, das Glied $(\varepsilon, 0) = (\eta, 0)$ auf der linken Seite der zu beweisenden Gleichung (4) sowohl in der Summe $(\alpha, 0)$, wie in der Summe $(\beta, 0)$ auf, allein zufolge des Satzes $a + a = a$ braucht ein solches Glied nur einmal gezählt zu werden, und da die Elemente von α und die von β zugleich alle Elemente θ der Summe $(\alpha + \beta)$ erschöpfen, so ergibt sich die Wahrheit des Satzes für diesen Fall $\omega = 0$. Wir nehmen nun an, der Satz sei für alle Combinationen ω vom Grade r bewiesen, und wollen zeigen, dass er dann (falls $r < n$ ist) auch für jede Combination vom Grade $(r + 1)$ gilt. Jede solche Combination lässt sich in die Form $\omega + \varepsilon$ setzen, wo ε jetzt irgend eine Combination ersten Grades bedeutet, welche in der Combination ω vom Grade r nicht enthalten ist. Setzen wir ferner zur Abkürzung

$$(\alpha, \omega) = a, \quad (\beta, \omega) = b, \quad (\varepsilon, \omega) = c,$$

so folgt aus unserer Inductionshypothese

$$\begin{aligned} (\alpha + \varepsilon, \omega) &= a + c, & (\beta + \varepsilon, \omega) &= b + c, \\ (\alpha + \beta, \omega) &= a + b, & (\alpha + \beta + \varepsilon, \omega) &= a + b + c, \end{aligned}$$

und aus dem speciellen Productsatz II in §. 5 ergibt sich:

$$\begin{aligned} a &= (a + c)(\alpha, \omega + \varepsilon), & b &= (b + c)(\beta, \omega + \varepsilon), \\ a + b &= (a + b + c)(\alpha + \beta, \omega + \varepsilon). \end{aligned}$$

Hieraus folgt weiter

$$\begin{aligned} (a + c)(b + c) \{(\alpha, \omega + \varepsilon) + (\beta, \omega + \varepsilon)\} &= a(b + c) + b(a + c) \\ &= bc + ca + ab; \end{aligned}$$

multiplicirt man diese Gleichung mit der vorhergehenden und dividirt man die Productgleichung durch die Gleichung (5) in §. 6, nämlich durch

$$(b + c)(c + a)(a + b) = (a + b + c)(bc + ca + ab),$$

so erhält man

$$(\alpha, \omega + \varepsilon) + (\beta, \omega + \varepsilon) = (\alpha + \beta, \omega + \varepsilon),$$

d. h. unser Satz gilt auch für jede Combination $(\omega + \varepsilon)$ vom Grade $(r + 1)$, also allgemein, w. z. b. w.

Satz II. Sind die Combinationen α, β von 0 verschieden, so ist (α, β) ein ganzes Element der Gruppe \mathfrak{G} .

Beweis. Ist β von 0 verschieden, so sind die Elemente (β, β) und $(\alpha + \beta, \beta)$ nach Satz I in §. 5 beide $= 0$, und da, wenn α ebenfalls von 0 verschieden ist, nach dem eben bewiesenen Satze $(\alpha, \beta) + (\beta, \beta) = (\alpha + \beta, \beta)$ ist, so ergibt sich $(\alpha, \beta) + 0 = 0$, w. z. b. w.

Satz III. Genügen die vier Combinationen $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ der Bedingung $\alpha + \beta = \gamma + \delta$, und sind ausserdem die Durchschnitte $\alpha - \delta$ und $\beta - \gamma$ beide von 0 verschieden, so sind (α, β) und (γ, δ) fremde Elemente, in Zeichen

$$(\alpha, \beta) + (\gamma, \delta) = 0 \quad (5)$$

Beweis. Wenn die Bedingung $\alpha + \beta = \gamma + \delta$ erfüllt ist, so wird nach einem in §. 3 bewiesenen Satze (S. 10)

$$\begin{aligned} \beta &= \varrho + \omega, & \delta &= \sigma + \omega \\ \alpha + \varrho &= \gamma + \sigma = \alpha + \gamma, \end{aligned}$$

wo zur Abkürzung

$$\beta - \gamma = \varrho, \quad \alpha - \delta = \sigma, \quad \beta - \delta = \omega$$

gesetzt ist. Wir wenden jetzt den allgemeinen Productsatz III des §. 5 auf die beiden Elemente $(\alpha, \omega), (\gamma, \omega)$ an, indem wir die dort mit γ bezeichnete Combination einmal durch ϱ , das andere Mal durch σ ersetzen; in den so erhaltenen Gleichungen

$$\begin{aligned} (\alpha, \omega) &= \Pi(\alpha + \varrho_1, \omega + \varrho_2) \\ (\gamma, \omega) &= \Pi(\gamma + \sigma_1, \omega + \sigma_2) \end{aligned}$$

bezieht sich das erste Productzeichen auf alle Zerlegungen $\varrho = \varrho_1 + \varrho_2$ mit der Bedingung $\varrho_1 - \varrho_2 = 0$, das zweite auf alle Zerlegungen $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$ mit der Bedingung $\sigma_1 - \sigma_2 = 0$. Da nun nach unserer Annahme die beiden Durchschnitte ϱ, σ (also auch $\alpha, \beta, \gamma, \delta$) von 0 verschieden sind, so besteht jedes dieser beiden Producte aus mindestens zwei Factoren, und zwar sind die Factoren $(\alpha + \varrho, \omega)$ und $(\gamma + \sigma, \omega)$, welche den Zerlegungen $\varrho_1 = \varrho, \varrho_2 = 0$ und $\sigma_1 = \sigma, \sigma_2 = 0$ entsprechen, identisch mit $(\alpha + \gamma, \omega)$; bezeichnen wir daher die Producte aller übrigen Factoren resp. mit p und q , so wird

$$(\alpha, \omega) = (\alpha + \gamma, \omega) p, \quad (\gamma, \omega) = (\alpha + \gamma, \omega) q;$$

da ferner, wie schon bemerkt, auch α, γ von 0 verschieden sind, so ist $(\alpha + \gamma, \omega)$ nach Satz I die Summe der beiden vorstehenden Elemente, mithin

$$p + q = 0,$$

d. h. die genannten Producte p, q sind *fremd* zu einander. Nun war p das Product aus allen denjenigen Factoren $(\alpha + \varrho_1, \omega + \varrho_2)$, in welchen ϱ_2 von 0 verschieden ist, und da Letzteres auch von α , also auch von $\alpha + \varrho_1$ und $\omega + \varrho_2$ gilt, so ist (nach Satz II) jeder solche Factor $(\alpha + \varrho_1, \omega + \varrho_2)$ ein *ganzes* Element der Gruppe, und dasselbe gilt offenbar von jedem Factor $(\gamma + \sigma_1, \omega + \sigma_2)$ des Productes q , weil γ und σ_2 , also auch $\gamma + \sigma_1$ und $\omega + \sigma_2$, von 0 verschieden sind. Da aber das Product p der ganzen Factoren $(\alpha + \varrho_1, \omega + \varrho_2)$, wie oben gezeigt ist, fremd zu dem Producte q der ganzen Factoren $(\gamma + \sigma_1, \omega + \sigma_2)$ ist, so folgt nach einem in §. 6 bewiesenen Satze (S. 28), dass auch jeder der Factoren von p fremd zu jedem der

Factoren von ϱ ist; unter den ersteren befindet sich aber der der Zerlegung $\varrho_1 = 0, \varrho_2 = \varrho$ entsprechende Factor $(\alpha, \omega + \varrho) = (\alpha, \beta)$, und unter den letzteren befindet sich der der Zerlegung $\sigma_1 = 0, \sigma_2 = \sigma$ entsprechende Factor $(\gamma, \omega + \sigma) = (\gamma, \delta)$; mithin ist (α, β) fremd zu (γ, δ) , w. z. b. w.

Satz IV. Sind die Combinationen α, β von 0 verschieden und ω beliebig, so ist

$$(\omega, \alpha) + (\omega, \beta) = (\omega, \alpha + \beta) \quad (6)$$

Beweis. Nach dem allgemeinen Productsatze III des §. 5 können wir

$$\begin{aligned} (\omega, \alpha) &= \Pi(\omega + \beta_1, \alpha + \beta_2) \\ (\omega, \beta) &= \Pi(\omega + \alpha_1, \beta + \alpha_2) \end{aligned}$$

setzen, wo sich das erste Productzeichen auf alle Zerlegungen $\beta = \beta_1 + \beta_2$ mit der Bedingung $\beta_1 - \beta_2 = 0$, das zweite auf alle Zerlegungen $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ mit der Bedingung $\alpha_1 - \alpha_2 = 0$ bezieht. Da α, β nach unserer Annahme von 0 verschieden sind, so besteht jedes dieser beiden Producte aus mindestens zwei Factoren, und zwar sind die den beiden Zerlegungen $\beta_1 = 0, \beta_2 = \beta$ und $\alpha_1 = 0, \alpha_2 = \alpha$ entsprechenden Factoren identisch mit $(\omega, \alpha + \beta)$; bezeichnen wir daher die Producte aller *ubrigen* Factoren resp. mit p und q , so wird

$$(\omega, \alpha) = (\omega, \alpha + \beta) p, \quad (\omega, \beta) = (\omega, \alpha + \beta) q.$$

Vergleichen wir nun irgend einen Factor $(\omega + \beta_1, \alpha + \beta_2)$ von p mit irgend einem Factor $(\omega + \alpha_1, \beta + \alpha_2)$ von q , so genügen die vier in ihnen auftretenden Combinationen zunächst der Bedingung

$$(\omega + \beta_1) + (\alpha + \beta_2) = (\omega + \alpha_1) + (\beta + \alpha_2),$$

weil jede dieser beiden Summen $= \omega + \alpha + \beta$ ist; da ferner β_1 ein von 0 verschiedener Theil von β , und α_1 ein von 0 verschiedener Theil von α ist, so sind auch die Durchschnitte

$$(\omega + \beta_1) - (\beta + \alpha_2), \quad (\omega + \alpha_1) - (\alpha + \beta_2)$$

beide von 0 verschieden. Aus diesen Eigenschaften der vier Combinationen folgt aber (nach Satz III), dass jeder Factor $(\omega + \beta_1, \alpha + \beta_2)$ von p fremd zu jedem Factor $(\omega + \alpha_1, \beta + \alpha_2)$ von q ist; nach einem in §. 6 bewiesenen Satze (S. 28) ist daher auch p fremd zu q , also

$$p + q = 0$$

und hieraus folgt durch Addition der beiden letzten Darstellungen von (ω, α) und (ω, β) die Gleichung (6), w. z. b. w.

Satz V. Ist die Combination α von 0 verschieden, ω beliebig, so ist (ω, α) die Summe aller (ω, ε) , wo ε alle in α enthaltenen Combinationen ersten Grades durchläuft.

Dies ist offenbar eine unmittelbare Folge des vorhergehenden Satzes IV. Vergleicht man den speciellen Fall $\omega = 0$ mit der obigen Definition (3) der Elemente $(\alpha, 0)$, so zeigt sich, dass die schon am

Schluss von §. 5 hervorgehobene Analogie zwischen den Elementen $(\alpha, 0)$ und $(0, \alpha)$ auch nach unseren jetzigen Beschränkungen hinsichtlich der Wahl dieser Elemente bestehen bleibt.

Satz VI. Ist die Combination α von 0 verschieden, ω beliebig, so ist der Quotient

$$\frac{(\omega, 0)}{(\omega, \alpha)} \quad (7)$$

das kleinste gemeinsame Vielfache aller Elemente $(\omega + \varepsilon, 0)$, wo ε alle in α enthaltenen Combinationen ersten Grades $\varepsilon_1, \varepsilon_2 \dots$ durchläuft.

Beweis. Nach dem speciellen Productsatze (10) des §. 5 ist $(\omega, 0) = (\omega + \varepsilon, 0) (\omega, \varepsilon)$, also

$$(\omega, 0) (\omega + \varepsilon, 0)^{-1} = (\omega, \varepsilon).$$

Bezeichnet man nun das im Satze genannte kleinste gemeinsame Vielfache

$$(\omega + \varepsilon_1, 0) - (\omega + \varepsilon_2, 0) - \dots$$

zur Abkürzung mit m , und wendet man den Satz (14) des §. 6 an, so folgt

$$m^{-1} = (\omega + \varepsilon_1, 0)^{-1} + (\omega + \varepsilon_2, 0)^{-1} + \dots,$$

also

$$(\omega, 0) m^{-1} = (\omega, \varepsilon_1) + (\omega, \varepsilon_2) + \dots,$$

und da nach dem vorhergehenden Satze V diese Summe $= (\omega, \alpha)$ ist, so ergibt sich

$$(\omega, 0) m^{-1} = (\omega, \alpha), \quad m = \frac{(\omega, 0)}{(\omega, \alpha)},$$

w. z. b. w. —

Hiermit sind wohl die wichtigsten Eigenschaften der Ausdrücke (α, β) erschöpft, welche zuerst in §. 5 durch die Gleichung (9) eingeführt, jetzt aber durch die Definition (3) sämmtlich auf die n gegebenen Elemente (2) und, falls $\alpha = 0$ ist, auf $(0, 0)$ zurückgeführt sind. Von diesen Ausdrücken (α, β) , deren Anzahl $= 4^n$ ist, bieten diejenigen, in welchen $\alpha - \beta$ von 0 verschieden ist, gar kein Interesse dar, weil sie nach Satz I in §. 5 alle $= 0$ sind; wir wollen daher nur noch die übrigen betrachten, in denen $\alpha - \beta = 0$, und deren Anzahl $= 3^n$ ist. Von diesen wollen wir vorläufig auch alle diejenigen *ausschliessen*, in denen $\alpha = 0$ ist, also nur solche Elemente (α, β) beibehalten, die durch das System (2) ohne Zuziehung des Elementes $(0, 0)$ gegeben sind. Bezeichnen wir nun mit ν immer die aus allen n Zeichen $1, 2 \dots n$ bestehende Combination, und nennen wir jedes Element (ν_1, ν_2) , welches der Bedingung $\nu_1 + \nu_2 = \nu$ genügt, einen *Kern* (sc. des in (2) gegebenen Systems), so ergibt sich aus dem allgemeinen Productsatze III des §. 5, dass jedes andere Element (α, β) als ein *Product von lauter Kernen* darstellbar ist; wählt man nämlich dort für γ diejenige Combination, welche aus allen in $(\alpha + \beta)$ fehlenden

Combinationselementen besteht, so leuchtet ein, dass alle Factoren des Productes

$$(\alpha, \beta) = \Pi(\alpha + \gamma_1, \beta + \gamma_2) \quad (8)$$

Kerne sind, weil $(\alpha + \gamma_1) + (\beta + \gamma_2) = \alpha + \beta + \gamma = \nu$ ist. Die Anzahl aller Kerne (zu denen $(0, \nu)$ nicht gehört) ist $= 2^n - 1$, und wenn a, b, c die Grade der Combinationen α, β, γ bedeuten, so ist $a + b + c = n$, und 2^c ist die Anzahl aller Kernfactoren von (α, β) . Von besonderer Wichtigkeit für diese Darstellungen, unter denen sich offenbar auch die in der Ueberschrift dieses Aufsatzes genannten Zerlegungen der n gegebenen Elemente (2) befinden, ist ferner unser obiger Satz III, weil er lehrt, wann zwei Kerne *gewiss* zu einander *fremd* sind. Für den Fall $n = 4$ geben die Gleichungen (3), (5), (7) des §. 2 die Kernzerlegungen der Elemente $(\alpha, 0)$; die übrigen Elemente (α, β) und ihre Zerlegungen, wie z. B.

$$(1,2) = (134,2)(13,24)(14,23)(1,234)$$

sind damals absichtlich gar nicht erwähnt, um die Aufmerksamkeit nicht von der Hauptsache, der Herstellung der Zerlegungen (7), abzulenken. Schliesslich ist zu bemerken, dass zufolge des obigen Satzes II alle Kerne mit Ausnahme von $(\nu, 0)$ gewiss *ganze* Elemente der Gruppe \mathfrak{G} sind, was für $(\nu, 0)$ dann und nur dann gilt, wenn die gegebenen Elemente (2) sämmtlich ganz sind. —

Nun noch einige Worte über die Bedeutung der Elemente von der Form $(0, \alpha)$! Sie lässt sich am einfachsten aussprechen, wenn man für das bisher willkürliche Element $(0, 0)$ das *Hauptelement* ω der Gruppe \mathfrak{G} wählt. Aus dem Satze VI geht dann, wenn $\omega = 0$ gesetzt wird, das specielle, der Definition (3) dualistisch entsprechende Resultat hervor, dass $(0, \alpha)^{-1}$ das kleinste gemeinsame Vielfache aller Elemente $(\varepsilon, 0)$ ist, wo ε alle in α enthaltenen Combinationen ersten Grades durchläuft. Wendet man aber auch auf diese Elemente $(0, \alpha)$ die Zerlegung (8) an, so ergibt sich

$$\omega = (0, 0) = \Pi(\nu_1, \nu_2), \quad (0, \alpha) = \Pi(\gamma_1, \alpha + \gamma_2);$$

in der ersten dieser beiden Formeln findet sich das *Product aller Kerne* multiplicirt mit $(0, \nu)$, und folglich ist dieses Product das kleinste gemeinsame Vielfache aller n Elemente (2); auch die Factoren des zweiten Productes sind mit Ausnahme von $(0, \nu)$ lauter Kerne, und wenn man die erste Gleichung durch die zweite dividirt, so stellt sich auch das oben genannte kleinste gemeinsame Vielfache $(0, \alpha)^{-1}$ als Product von lauter Kernen dar, worauf wir aber hier nicht weiter eingehen wollen.

§. 8. Endliche Dualgruppen in \mathfrak{G} .

Wir wollen zum Schluss noch eine Anwendung von den besprochenen Zerlegungen machen. In §. 6 ist gezeigt, dass die Abel'sche Gruppe \mathfrak{G} , wenn es ausser der Gruppenoperation (Multiplication) in ihr noch

eine Addition $+$ giebt, welche den dort angegebenen Gesetzen G gehorcht, keine *endliche* Gruppe (ausser o) als Theiler enthalten kann, wobei natürlich als Operation der Theilgruppe dieselbe Multiplication angesehen wurde. Dieselbe Gruppe \mathcal{G} besitzt nun aber in Bezug auf die beiden Operationen \pm auch den Charakter einer *Dualgruppe* vom *Idealtypus*, und sie kann, so aufgefasst, sehr wohl *endliche Dualgruppen* als Theiler enthalten. Nehmen wir wie in §. 7 an, es sei ein System von n Elementen

$$(1,0), (2,0) \dots (n, 0) \quad (1)$$

der Gruppe \mathcal{G} gegeben, und bilden wir aus ihnen durch stets wiederholte Anwendung beider Operationen \pm immer neue Elemente, welche dem gegebenen System hinzugefügt werden, so wird, wie wir beweisen wollen, diese Bildung nach einer endlichen Anzahl von Schritten ihr Ende finden, insofern die Operationen \pm aus je zwei Elementen, welche in dem so entstandenen System \mathfrak{B} enthalten sind, nur noch solche Elemente erzeugen, welche schon in \mathfrak{B} enthalten sind. Zugleich wird sich ergeben, dass alle Elemente dieser endlichen Dualgruppe \mathfrak{B} sich durch die in §. 7 betrachteten *Kerne* des Systems (1) ausdrücken lassen. Am kürzesten gelangt man *synthetisch* zum Ziele, indem man umgekehrt von der gemeinsamen Form dieser Ausdrücke ausgeht, deren Auffindung mir erst nach längerem Nachdenken gelungen ist.

Ich erinnere zunächst an die, in der Gleichung (8) des §. 7 enthaltene Darstellung jedes Elementes von der Form $(\alpha, 0)$, wo α , wie immer im Folgenden, von 0 verschieden sein soll, als Product von lauter Kernen; stellt man die Combination β , welche aus allen in α fehlenden Elementen besteht, auf alle verschiedenen Arten als Summe $\beta_1 + \beta_2$ von zwei fremden Combinationen β_1, β_2 dar, so wird

$$(\alpha, 0) = \Pi(\alpha + \beta_1, \beta_2) \quad (2)$$

und alle Factoren $(\alpha + \beta_1, \beta_2)$ sind offenbar Kerne, weil $(\alpha + \beta_1) + \beta_2 = \alpha + \beta = \nu$ ist, wo ν wieder die aus allen n Elementen $1, 2 \dots n$ bestehende Combination bedeutet; der Zerlegung $\beta_1 = 0, \beta_2 = \beta$ entspricht der Kern (α, β) , und ebenso wird der Kern $(\nu, 0)$ durch die Zerlegung $\beta_1 = \beta, \beta_2 = 0$ erzeugt.

Unter einem *vollständigen Product* \mathfrak{p} verstehe ich nun jedes Product aus lauter verschiedenen¹⁾ Kernen \mathfrak{k} , welches folgende Eigenschaft besitzt: wenn unter den Factoren \mathfrak{k} sich der Kern (α, β) befindet, so enthält \mathfrak{p} auch alle anderen Kernfactoren $(\alpha + \beta_1, \beta_2)$ des Elementes $(\alpha, 0)$ in (2). Unser Ziel besteht darin, zu beweisen, dass die oben genannte Dualgruppe \mathfrak{B} nichts Anderes ist als der Inbegriff aller dieser vollständigen Producte \mathfrak{p} . Hierzu führen die folgenden Betrachtungen.

¹⁾ Dies Wort ist hier und im Folgenden immer nur im Sinne der aufserlichen Bezeichnung aufzufassen; es kann sehr wohl geschehen, dass in bestimmten Beispielen zwei aufserlich verschiedene Elemente einander gleich werden.

Zunächst überzeugt man sich leicht, dass das Product $(\alpha, 0)$ in (2) selbst die genannte Eigenschaft besitzt; denn wenn man aus seinen Factoren \mathfrak{f} einen bestimmten Kern $(\alpha + \beta_1, \beta_2)$ herausgreift und die Combination β_2 auf alle Arten als Summe $\beta_3 + \beta_4$ von zwei fremden Combinationen β_3, β_4 darstellt, so erhält man

$$(\alpha + \beta_1, 0) = \Pi(\alpha + \beta_1 + \beta_3, \beta_4);$$

offenbar befinden sich aber alle Factoren dieses Productes auch unter den Factoren \mathfrak{f} des Productes (2), und folglich ist $(\alpha, 0)$ wirklich ein vollständiges Product.

Aber diese Elemente $(\alpha, 0)$ sind keineswegs die einzigen vollständigen Producte; wählen wir z. B. $n = 4$ und betrachten das aus sechs verschiedenen Kernen (α, β) gebildete Product

$$p = (1234,0)(123,4)(124,3)(134,2)(12,34)(13,24),$$

so erhält man nach (2) für die Elemente $(\alpha, 0)$ die Zerlegungen

$$\begin{aligned} (1234,0) &= (1234,0) \\ (123,0) &= (1234,0)(123,4) \\ (124,0) &= (1234,0)(124,3) \\ (134,0) &= (1234,0)(134,2) \\ (12,0) &= (1234,0)(123,4)(124,3)(12,34) \\ (13,0) &= (1234,0)(123,4)(134,2)(13,24) \end{aligned}$$

und da alle rechts auftretenden Kerne auch Factoren des Productes p sind, so ist letzteres vollständig, während z. B. das Product

$$(1234,0)(134,2)(12,34)$$

unvollständig ist, weil unter seinen Factoren die beiden, in $(12,0)$ enthaltenen Kerne $(123,4)$, $(124,3)$ fehlen.

Die wichtigste Grundlage für unsere Untersuchung bildet aber der folgende

Satz I. Sind p, q vollständige Producte, so gilt dasselbe auch von $p \pm q$, und zwar ist $p + q$ das Product aller derjenigen verschiedenen Kerne, welche beiden Producten p, q gemeinsam sind, und $p - q$ ist das Product aller verschiedenen Kernfactoren von pq .

Beweis. Wir theilen die in den Producten p, q auftretenden Kerne in drei Arten ein, in solche (η, ϑ) , welche beiden gemeinsam sind, ferner in solche (α, β) , welche nur in p , nicht in q auftreten, endlich in solche (γ, δ) , welche nur in q , nicht in p auftreten; setzen wir zur Abkürzung die drei entsprechenden Producte

$$\Pi(\eta, \vartheta) = r, \quad \Pi(\alpha, \beta) = m, \quad \Pi(\gamma, \delta) = n,$$

so wird

$$p = rm, \quad q = rn.$$

Wir vergleichen zunächst jeden Factor (α, β) von m mit jedem Factor (γ, δ) von n und setzen $\beta - \gamma = \varrho$, $\alpha - \delta = \sigma$. Macht man nun die Annahme, es sei $\sigma = 0$, so folgt aus dem in §. 3, S. 10 bewiesenen Satze, dass $\beta = \varrho + \delta$, $\gamma = \alpha + \varrho$ ist; mithin ist $(\gamma, \delta) = (\alpha + \varrho, \delta)$

ein Kernfactor von $(\alpha, 0)$, er muss daher, weil (α, β) ein Factor des vollständigen Productes p ist, ebenfalls Factor von p sein; dies widerspricht aber der obigen Definition von (γ, δ) , und folglich ist unsere obige Annahme $\sigma = 0$ unzulässig. Da aus denselben Gründen auch der Durchschnitt $\rho = \beta - \gamma$ von 0 verschieden, und ausserdem $\alpha + \beta = \gamma + \delta = \nu$ ist, so folgt (nach Satz III in §. 7), dass jeder Factor (α, β) von m fremd zu jedem Factor (γ, δ) von n , mithin auch

$$m + n = o, \quad p + q = r(m + n) = r$$

ist. Betrachtet man nun irgend einen Factor (η, ϑ) von r und zerlegt $(\eta, 0)$ in seine Kernfactors nach (2), so muss jeder solche Factor, weil (η, ϑ) den beiden vollständigen Producten p, q gemeinsam ist, ebenfalls gemeinsamer Factor von p, q , also auch Factor von r sein, und folglich ist r ein *vollständiges* Product, womit die Behauptungen des Satzes über $p + q$ erwiesen sind. Der andere Theil des Satzes ergibt sich leicht aus

$$p - q = \frac{pq}{p + q} = r m n = p n = q m;$$

denn jeder Factor (λ, μ) dieses Productes $r m n$ ist entweder in p oder in q enthalten, mithin ist auch jeder Kernfactor von $(\lambda, 0)$ ebenfalls Factor von p oder q , also gewiss Factor von $p - q$, und da auch alle Factors (λ, μ) verschieden sind, so ist auch $p - q$ ein *vollständiges* Product, w. z. b. w.

Durch wiederholte Anwendung dieses Satzes ergibt sich ohne Weiteres, dass er auch für beliebig viele vollständige Producte $p_1, p_2, p_3 \dots$ gilt; sowohl ihr grösster gemeinsamer Theiler $p_1 + p_2 + p_3 + \dots$, wie ihr kleinstes gemeinsames Vielfaches $p_1 - p_2 - p_3 - \dots$ sind wieder vollständige Producte; der erstere ist das Product aller derjenigen verschiedenen Kerne, welche allen Producten $p_1, p_2, p_3 \dots$ gemeinsam sind, und das letztere ist das Product aller verschiedenen, in dem Producte $p_1 p_2 p_3 \dots$ auftretenden Kerne. Hieraus ergibt sich sofort der

Satz II. Jedes vollständige Product p von Kernen (α, β) ist das kleinste gemeinsame Vielfache aller ihnen entsprechenden Elemente $(\alpha, 0)$.

Beweis. Jedes Element $(\alpha, 0)$ ist, wie schon oben bemerkt, ein vollständiges Product (2), mithin ist ihr kleinstes gemeinsames Vielfaches a (nach der eben bewiesenen Regel) das Product aller in dem Producte $II(\alpha, 0)$ auftretenden verschiedenen Kerne f ; alle diese Kerne f müssen aber auch in p auftreten, weil p als vollständiges Product zugleich mit (α, β) auch alle Kernfactors f von $(\alpha, 0)$ zu Factors hat. Da umgekehrt jeder in p auftretende Kern (α, β) auch ein Factor des Elementes $(\alpha, 0)$, also einer der Kerne f ist, und da alle diese Kerne (α, β) auch verschieden sind, so folgt $p = a$, w. z. b. w.

Wir kehren nun zu der Dualgruppe \mathfrak{P} zurück, welche aus den gegebenen n Elementen (1) durch wiederholte Anwendung der beiden Operationen \pm entstehen soll. Durch die Operation $+$ werden zunächst alle Elemente von der Form $(\alpha, 0)$ erzeugt, und diese sind, wie oben bemerkt, lauter vollständige Producte; wendet man sodann auf beliebig viele Elemente $(\alpha, 0)$ des so erzeugten Systems die Operation $-$ an, so erhält man (nach Satz I) immer wieder vollständige Producte, und zwar entstehen auf diese Weise (nach Satz II) *alle* vollständigen Producte; endlich leuchtet ein, dass hiermit die Bildung des Systems \mathfrak{P} schon vollendet ist, weil der Inbegriff aller vollständigen Producte (nach Satz I) die charakteristischen Eigenschaften einer *Dualgruppe* besitzt¹⁾.

Die Anzahl der in dieser Gruppe \mathfrak{P} enthaltenen Elemente scheint mit der Anzahl n der gegebenen Elemente (1) sehr rasch zu wachsen; sie ist = 18 im Falle $n = 3$, und (wenn ich nicht irre) = 166 im Falle $n = 4$; einen allgemeinen Ausdruck für diese Anzahl zu finden, habe ich noch nicht versucht. Dagegen leuchtet ein, dass die Elemente von \mathfrak{P} , d. h. die vollständigen Producte p sich nach der Anzahl der in ihnen auftretenden Kerne in $(2^n - 1)$ Stufen vertheilen, und dass jede folgende Stufe die *nächsten* Vielfachen von den Elementen der vorhergehenden Stufe enthält. Endlich will ich bemerken, dass diejenigen Elemente von \mathfrak{P} , welche auf *symmetrische* Weise aus den Elementen (1) gebildet sind, in einfachen Beziehungen zu den *symmetrischen Functionen* stehen, welche aus den Elementen (1) auf dieselbe Weise wie in der Algebra zusammengesetzt sind²⁾; doch kann ich auf die Darstellung dieser Beziehungen hier nicht mehr eingehen.

¹⁾ Vergl. D., §. 169, S. 499, Anmerkung. — Die daselbst erwähnte, aus drei *Moduln* erzeugte Dualgruppe von 28 Moduln, welche den Idealtypus nicht besitzt, erfordert zu ihrer Bildung eine mehrmals abwechselnde Anwendung der beiden Operationen.

²⁾ Vergl. D., §. 170, S. 503, Anmerkung.

BEITRÄGE ZUR THEORIE

DES

EBENEN GELENKVIERECKS.

VON

R. MÜLLER.

Für die folgenden Untersuchungen über das ebene Gelenkviereck hat das Problem der sechspunktigen Geradföhrung den Ausgangspunkt gebildet. Wenn es sich, wie bei dieser Aufgabe, darum handelt, die Bewegung eines ebenen Systems durch eine längere Reihe von unendlich benachbarten Lagen zu verfolgen, so gewährt die Bestimmung gewisser Punktketten, die ich in Ermangelung einer besseren Benennung als Wende- und Rückkehrpole höherer Ordnung bezeichnet habe, eine bequeme Grundlage. Ich entwickle deshalb zunächst einige allgemeine Sätze über solche Punktketten und übertrage alsdann die gewonnenen Ergebnisse auf die specielle Bewegung, welche die Koppellebene eines Gelenkvierecks ausführt. Sind für eine beliebige Koppellage die Wendepole höherer Ordnung bis zu einer gewissen Grenze ermittelt, so ist nicht allein die Frage der angenäherten Geradföhrung mit Leichtigkeit zu erledigen, sondern wir vermögen uns auch Rechenschaft zu geben über alle weiteren singulären Fälle, die bei der Momentanbewegung der Koppellebene eintreten können.

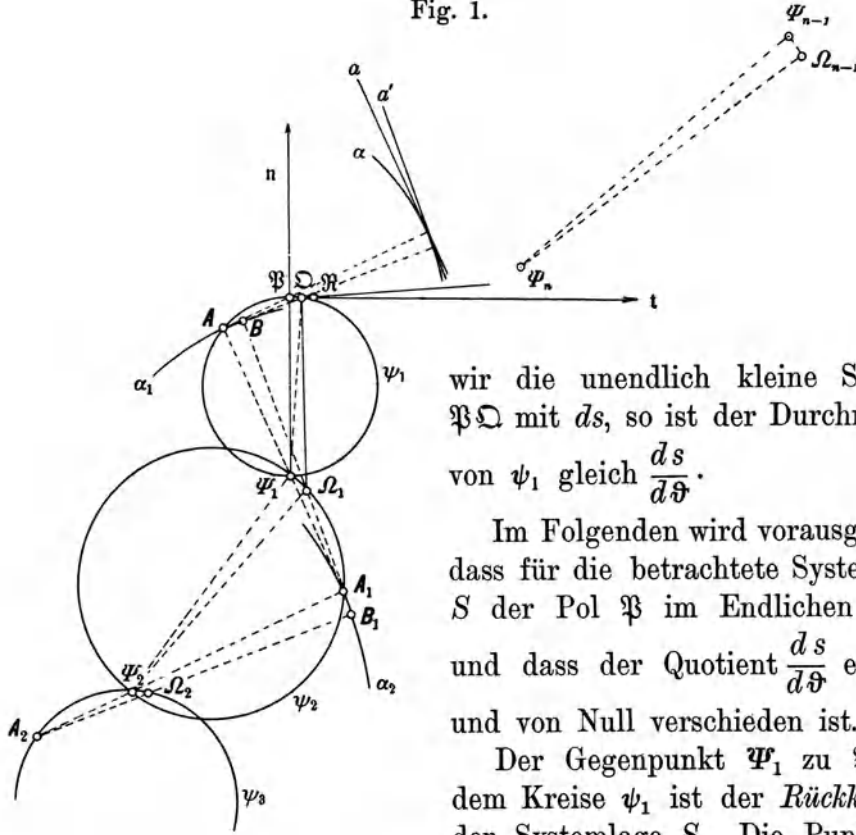
I. Allgemeine Sätze über die Bewegung eines starren ebenen Systems in seiner Ebene.

§. 1. Die Kette der Rückkehrpole.

Sei S die Anfangslage eines complan bewegten starren ebenen Systems, a die zugehörige Lage einer Systemgeraden, \mathfrak{P} der augenblickliche Pol, so bestimmt das Loth von \mathfrak{P} auf a den Berührungspunkt der Geraden a mit ihrer Hüllbahncurve α (Fig. 1). Gelangt das System durch Drehung um \mathfrak{P} um den unendlich kleinen Winkel $d\vartheta$ in die Lage S' , die Gerade a nach a' , und ist Ω der Pol für die neue Systemlage, so liegt der Berührungspunkt von a' mit α auf dem Loth von Ω auf a' . Die beiden Lothe bilden den Winkel $d\vartheta$ und schneiden

sich im Krümmungsmittelpunkte A der Curve α . Dann erfüllen die Krümmungsmittelpunkte aller Hüllbahnelemente, die momentan von den Geraden des bewegten Systems erzeugt werden, den durch \mathfrak{P} , Ω , A gehenden Kreis ψ_1 , den *Rückkehrkreis* der Systemlage S . Bezeichnen

Fig. 1.



wir die unendlich kleine Strecke $\mathfrak{P}\Omega$ mit ds , so ist der Durchmesser von ψ_1 gleich $\frac{ds}{d\vartheta}$.

Im Folgenden wird vorausgesetzt, dass für die betrachtete Systemlage S der Pol \mathfrak{P} im Endlichen liegt, und dass der Quotient $\frac{ds}{d\vartheta}$ endlich und von Null verschieden ist.

Der Gegenpunkt Ψ_1 zu \mathfrak{P} auf dem Kreise ψ_1 ist der *Rückkehrpol* der Systemlage S . Die Punkte \mathfrak{P} und Ψ_1 liegen auf der *Polbahn-*

normale n , \mathfrak{P} und Ω auf der *Polbahntangente* t . Verstehen wir unter *positiver* Polbahntangente die Gerade t in der Richtung von \mathfrak{P} nach Ω , unter positiver Polbahnnormale denjenigen Theil der Geraden n , der nach einer Drehung um 90° im Sinne der Drehung des Systems mit der positiven Polbahntangente zusammenfällt, so befindet sich der Punkt Ψ_1 stets auf der negativen Polbahnnormale.

Der Punkt A liegt auf der Evolute α_1 der Curve α , und die Gerade $\Psi_1 A$ ist die Normale von α_1 in A . Der Systemlage S' entspricht ein neuer Rückkehrpol Ω_1 auf der Normale der Polbahn in Ω ; dann bestimmt das Loth von Ω_1 auf ΩA den Berührungspunkt B dieser Geraden mit α_1 . Die Normalen $A\Psi_1$ und $B\Omega_1$ der Curve α_1 treffen sich in deren Krümmungsmittelpunkte A_1 . Nun ist $\angle AA_1 B = d\vartheta$, folglich befinden sich die Krümmungsmittelpunkte der Evoluten aller Hüllbahncurven, die von den Systemgeraden erzeugt werden, momentan auf einem Kreise ψ_2 , der $\Psi_1\Omega_1$ zur Sehne und $d\vartheta$ zum zugehörigen Peripheriewinkel hat. Wir bezeichnen ihn als den *zweiten Rückkehr-*

kreis und den zugehörigen Gegenpunkt Ψ_2 von Ψ_1 als den *zweiten Rückkehrpol* — und demnach Ψ_1 als den *ersten Rückkehrpol* — der Systemlage S .

Die Gerade $A_1\Psi_2$ ist die Normale der Evolute α_2 von α_1 , oder der *zweiten* Evolute der Hüllbahncurve α . Verstehen wir unter Ω_2 den zweiten Rückkehrpol der Systemlage S' , so schneidet das Loth von Ω_2 auf $B\Omega_1$ die Gerade $A_1\Psi_2$ im Krümmungsmittelpunkte A_2 von α_2 , und wir erhalten als Ort der Punkte A_2 einen Kreis ψ_3 , der über der Sehne $\Psi_2\Omega_2$ den Peripheriewinkel $d\vartheta$ fasst, den *dritten* Rückkehrkreis der Systemlage S . Es gilt demnach überhaupt der Satz: *Die Normalen der $n-1^{\text{ten}}$ Evoluten aller Hüllbahncurven, die von den Geraden des bewegten Systems erzeugt werden, gehen für jede Systemlage S durch einen bestimmten Punkt Ψ_{n-1} , den $n-1^{\text{ten}}$ Rückkehrpol der Systemlage. Die Krümmungsmittelpunkte dieser Evoluten sind die Fusspunkte der aus dem n^{ten} Rückkehrpol Ψ_n auf jene Normalen gefallten Lothe; sie erfüllen den n^{ten} Rückkehrkreis ψ_n , der die Strecke $\Psi_{n-1}\Psi_n$ zum Durchmesser hat¹⁾.*

Die Dreiecke $\mathfrak{P}\Omega\Psi_1$, $\Psi_1\Omega_1\Psi_2$, $\Psi_2\Omega_2\Psi_3 \dots$ haben bei $\Omega, \Omega_1, \Omega_2 \dots$ rechte Winkel, bei $\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3 \dots$ den Winkel $d\vartheta$ und sind *gleichsinnig* ähnlich, da z. B. die beiden ersten dem Dreieck ABA_1 gleichsinnig ähnlich sind.

§. 2. Formeln für die Coordinaten der Rückkehrpole.

Wir nehmen an, das System gelange aus der Lage S' in die einander der Reihe nach unendlich benachbarten Lagen $S'', S''' \dots$ durch Drehungen um die Pole $\Omega, \mathfrak{R} \dots$ bzw. um die Winkel $d\vartheta + d^2\vartheta$, $d\vartheta + 2d^2\vartheta + d^3\vartheta \dots$. Bezeichnen wir ferner die zu den Punkten $\mathfrak{P}, \Omega, \mathfrak{R} \dots$ gehörenden Contingenzwinkel der Polbahn bzw. mit $d\tau$, $d\tau + d^2\tau$, $d\tau + 2d^2\tau + d^3\tau \dots$, so dürfen wir ohne Beschränkung der Allgemeinheit voraussetzen, es sei $\mathfrak{P}\Omega = \Omega\mathfrak{R} = \dots = ds$. Dabei sind ds und $d\vartheta$ wesentlich positiv; der Winkel $d\tau$ möge positiv gerechnet werden, wenn das Element $\mathfrak{P}\Omega$ der Polbahn durch eine Drehung um $d\tau$ im Sinne der Drehung des Systems mit der Verlängerung des bei \mathfrak{P} anstossenden Elementes zusammenfällt.

Ist Ω_{n-1} der $n-1^{\text{te}}$ Rückkehrpol für die Systemlage S' , so sind die Dreiecke $\Psi_{n-1}\Omega_{n-1}\Psi_n$ und $\mathfrak{P}\Omega\Psi_1$ gleichsinnig ähnlich; hieraus folgt

$$\frac{\Psi_{n-1}\Omega_{n-1}}{\Omega_{n-1}\Psi_n} = \frac{\mathfrak{P}\Omega}{\Omega\Psi_1}. \quad (1)$$

Wir bezeichnen nun mit ξ_k, η_k die rechtwinkligen Coordinaten des Punktes Ψ_k für \mathfrak{P} als Anfangspunkt und die positiven Geraden t und n

¹⁾ Ueber die Bewegung eines starren ebenen Systems durch funf unendlich benachbarte Lagen. Zeitschrift für Math. u. Phys. 37, 135.

bezw. als positive ξ - und η -Axe, mit ξ'_{n-1} , η'_{n-1} die Coordinaten von Ω_{n-1} für Ω als Anfangspunkt und die Gerade $\Omega\mathfrak{R}$ als ξ' -Axe. Dann gehen ξ'_{n-1} und η'_{n-1} aus ξ_{n-1} , η_{n-1} hervor, indem wir $d\vartheta$, $d^2\vartheta \dots d\tau \dots$ bezw. vertauschen mit $d\vartheta + d^2\vartheta$, $d^2\vartheta + d^3\vartheta \dots d\tau + d^2\tau \dots$; es ist also

$$\xi'_{n-1} = \xi_{n-1} + d\xi_{n-1}, \quad \eta'_{n-1} = \eta_{n-1} + d\eta_{n-1}.$$

Betrachten wir endlich die Strecke $\mathfrak{P}\Psi_k$ als das geometrische Bild der complexen Grösse $\xi_k = \xi_k + i\eta_k$, so wird

$$\begin{aligned} \mathfrak{P}\Omega_{n-1} &= \mathfrak{P}\Omega + \Omega\Omega_{n-1} = ds + e^{i(d\tau + d^2\tau)}(\xi'_{n-1} + i\eta'_{n-1}) \\ &= ds + e^{i(d\tau + d^2\tau)}(\xi_{n-1} + d\xi_{n-1}), \end{aligned}$$

oder, von unendlich kleinen Grössen höherer Ordnung abgesehen,

$$\mathfrak{P}\Omega_{n-1} = \xi_{n-1} + d\xi_{n-1} + i\xi_{n-1} d\tau + ds,$$

folglich

$$\Psi_{n-1}\Omega_{n-1} = \mathfrak{P}\Omega_{n-1} - \mathfrak{P}\Psi_{n-1} = d\xi_{n-1} + i\xi_{n-1} d\tau + ds.$$

Unter Vernachlässigung unendlich kleiner Grössen ist ferner

$$\Omega_{n-1}\Psi_n = \mathfrak{P}\Psi_n - \mathfrak{P}\Omega_{n-1} = \xi_n - \xi_{n-1}$$

und

$$\Omega\Psi_1 = -i\frac{ds}{d\vartheta};$$

mithin geht die Gleichung (1) über in

$$d\xi_{n-1} + i\xi_{n-1}d\tau + ds = id\vartheta(\xi_n - \xi_{n-1}),$$

und hieraus ergibt sich zur Berechnung von ξ_n die Recursionsformel

$$\xi_n d\vartheta = \xi_{n-1} (d\vartheta + d\tau) - id\xi_{n-1} - ids \quad (2)$$

oder nach Trennung der reellen und imaginären Theile

$$\xi_n d\vartheta = \xi_{n-1} (d\vartheta + d\tau) + d\eta_{n-1} \quad (3)$$

$$\eta_n d\vartheta = \eta_{n-1} (d\vartheta + d\tau) - d\xi_{n-1} - ds. \quad (4)$$

Für den Punkt Ψ_1 ist

$$\xi_1 = 0, \quad \eta_1 = -\frac{ds}{d\vartheta}, \quad (5)$$

also $d\xi_1 = 0$, $d\eta_1 = \frac{ds}{d\vartheta^2} d^2\vartheta$. Wir erhalten demnach durch wiederholte Anwendung der Gleichungen (3) und (4)

$$\left. \begin{aligned} \xi_2 &= \frac{ds}{d\vartheta^3} d^2\vartheta, & \eta_2 &= -\frac{ds}{d\vartheta^2} (2d\vartheta + d\tau) \\ \xi_3 &= \frac{ds}{d\vartheta^4} \{3d^2\vartheta (d\vartheta + d\tau) - d\vartheta d^2\tau\}, & \eta_3 &= -\frac{ds}{d\vartheta^3} \{d\vartheta^2 (3d\vartheta^2 \\ & & & + 3d\vartheta d\tau + d\tau^2) - 3d^2\vartheta^2 + d\vartheta d^3\vartheta\} \text{ u. s. w.} \end{aligned} \right\} (6)$$

Aus diesen Gleichungen folgt, dass durch Angabe der Coordinaten $\xi_1\eta_1, \xi_2\eta_2 \dots \xi_n\eta_n$ die Verhältnisse $\frac{ds}{d\vartheta}, \frac{d^2\vartheta}{d\vartheta^2} \dots \frac{d^n\vartheta}{d\vartheta^n}, \frac{d\tau}{d\vartheta} \dots \frac{d^{n-1}\tau}{d\vartheta^{n-1}}$ eindeutig bestimmt sind, d. h. der Pol \mathfrak{P} und die n ersten Rückkehrpole $\Psi_1 \dots \Psi_n$ bilden ein Aequivalent für $n + 2$ unendlich benach-

barte Systemlagen. Dabei ist noch zu beachten, dass, wenn \mathfrak{P} und \mathfrak{P}_1 endliche Punkte sind, auch alle übrigen Rückkehrpole $\mathfrak{P}_2 \mathfrak{P}_3 \dots$ im Endlichen liegen.

Anmerkung. Die Gleichungen (2) bis (4) gelten natürlich unabhängig davon, ob das Bogenelement ds der Polbahn als constant betrachtet wird, oder nicht. — Bezeichnen wir mit ξ_n^*, η_n^* und ξ_0^*, η_0^* bzw. die Coordinaten der Punkte $\mathfrak{P}_n, \mathfrak{P}$ in Bezug auf ein beliebiges rechtwinkliges Coordinatensystem, dessen positive ξ^* -Axe mit der positiven Polbahntangente den Winkel ω einschliesst, und setzen $\xi_n^* + i\eta_n^* = \xi_n^*, \xi_0^* + i\eta_0^* = \xi_0^*$, so ist $\xi_n^* = \xi_0^* + \xi_n^* e^{i\omega}$, und dann verwandelt sich Gleichung (2) in

$$\xi_n^* d\vartheta = \xi_{n-1}^* (d\vartheta + d\tau) - id\xi_{n-1}^* - idse^{i\omega} - \xi_0^* d\tau. \quad (2^*)$$

§. 3. Die Kette der Wendepole.

Kehren wir die bisher betrachtete Bewegung um, so wird die Curve α zu einer Systemcurve, welche die Gerade a umhüllt, und dann ergibt sich aus den Darlegungen des §. 1 unmittelbar der Satz: *Die Normalen der $n - 1^{\text{ten}}$ Evoluten aller Systemcurven, welche gerade Linien umhüllen, gehen für jede Systemlage S durch einen bestimmten Punkt.* Wir bezeichnen ihn mit W_{n-1} und nennen ihn den $n - 1^{\text{ten}}$ Wendepol der Systemlage. Und ferner: *Die Krümmungsmittelpunkte jener $n - 1^{\text{ten}}$ Evoluten sind die Fusspunkte der aus dem n^{ten} Wendepol W_n auf die zugehörigen Normalen gefällten Lothe; sie erfüllen den n^{ten} Wendekreis w_n , der die Strecke $W_{n-1}W_n$ zum Durchmesser hat.*

Wir bestimmen die Coordinaten der Wendepole, indem wir diese auffassen als die Rückkehrpole für die umgekehrte Bewegung. Nun besteht die scheinbare Bewegung der festen Ebene in einer Reihe von Drehungen um die Winkel $-d\vartheta, -(d\vartheta + d^2\vartheta) \dots$ und zwar um diejenigen Punkte der Polcurve, die nach einander mit den Punkten $\mathfrak{P}, \mathfrak{Q}, \mathfrak{R} \dots$ der Polbahn zusammenfallen. In der Systemlage S haben Polbahn und Polcurve den Punkt \mathfrak{P} , sowie dasjenige Element der Polbahn gemein, welches dem Element $\mathfrak{P}\mathfrak{Q}$ vorangeht. In der Lage S' kommt durch eine Drehung um den Winkel $d\vartheta$ das folgende Element der Polcurve mit $\mathfrak{P}\mathfrak{Q}$ zur Deckung, mithin ist der bei \mathfrak{P} liegende Contingenzwinkel der Polcurve gleich $d\vartheta + d\tau$. Bezeichnen wir daher mit x_k, y_k die Coordinaten des Punktes W_k in Bezug auf das bisher benutzte Coordinatensystem und setzen $x_k + iy_k = z_k$, so erhalten wir aus den Gleichungen (2) bis (6) sofort die entsprechenden Gleichungen für die Wendepole, indem wir die Grössen $\xi_k, \xi_k, \eta_k, d\vartheta, d^2\vartheta \dots d\tau, d^2\tau \dots$ bzw. vertauschen mit $z_k, x_k, y_k, -d\vartheta, -d^2\vartheta \dots d\vartheta + d\tau, d^2\vartheta + d^2\tau \dots$. Dann ergibt sich

$$z_n d\vartheta = -z_{n-1} d\tau + idz_{n-1} + ids \quad (7)$$

$$x_n d\vartheta = -x_{n-1} d\tau - dy_{n-1} \quad (8)$$

$$y_n d\vartheta = -y_{n-1} d\tau + dx_{n-1} + ds \quad (9)$$

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= 0, & y_1 &= \frac{ds}{d\vartheta} \\ x_2 &= \frac{ds}{d\vartheta^3} d^2\vartheta, & y_2 &= \frac{ds}{d\vartheta^2} (d\vartheta - d\tau) \\ x_3 &= \frac{ds}{d\vartheta^4} \{d^2\vartheta (d\vartheta - 3d\tau) + d\vartheta d^2\tau\}, & y_3 &= \frac{ds}{d\vartheta^5} \{d\vartheta^2 (d\vartheta^2 \\ & & & - d\vartheta d\tau + d\tau^2) - 3d^2\vartheta^2 + d\vartheta d^3\vartheta\} \quad \text{u. s. w.} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

§. 4. Beziehungen zwischen den Coordinaten der Rückkehr- und Wendepole.

Die Punktkette $\Psi_1, \Psi_2 \dots$ ist für jede Systemlage bestimmt, sobald von irgend zwei Systemgeraden die Hüllbahncurven mit ihren sämtlichen Evoluten bekannt sind; umgekehrt liefert die Angabe von zwei Systemcurven, welche gerade Linien umhüllen, sofort die Punkte $W_1, W_2 \dots$. Dann entsteht die Aufgabe, aus der einen Punktkette die andere zu ermitteln.

Nun folgen aus den Gleichungen (5), (6), (10) unmittelbar die Beziehungen

$$\begin{aligned} y_1 &= -\eta_1 \\ y_2 &= -3\eta_1 + \eta_2 \\ y_3 &= -6\eta_1 + 4\eta_2 - \eta_3 \\ &\dots \end{aligned}$$

und ein analoger Zusammenhang besteht wegen $\xi_1 = 0$ zwischen den x_k und ξ_k . Sind überhaupt die Punkte $\mathfrak{P}, \Psi_1, \Psi_2 \dots \Psi_n$ beliebig gegeben, so gelten für die Coordinaten des n^{ten} Wendepols die Gleichungen

$$x_n = \sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} \xi_\lambda, \quad y_n = \sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} \eta_\lambda. \quad (11)$$

Beweis. Wir können die letzten Gleichungen auch zusammenziehen in die eine

$$z_n = \sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} \xi_\lambda. \quad (12)$$

Nun ist nach (7)

$$z_{n+1} d\vartheta = z_n d\vartheta - z_n (d\vartheta + d\tau) + idz_n + ids,$$

bestände also die Gleichung (12) für irgend ein n , so wäre

$$z_{n+1} d\vartheta = d\vartheta \sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} \xi_\lambda - \sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} \{\xi_\lambda (d\vartheta + d\tau) - id\xi_n +\} ids,$$

oder nach (2)

$$= d\vartheta \sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} \xi_\lambda - \sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} (\xi_{\lambda+1} d\vartheta + id s) + id s,$$

oder wegen $\xi_1 d\vartheta + id s = 0$

$$\begin{aligned} z_{n+1} d\vartheta &= d\vartheta \sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} \xi_\lambda - \sum_{\lambda=0}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} (\xi_{\lambda+1} d\vartheta + id s) + id s, \\ &= d\vartheta \sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} \xi_\lambda - \sum_{\lambda=1}^{\lambda=n+1} (-1)^{\lambda-1} \binom{n+1}{\lambda} (\xi_\lambda d\vartheta + id s) + id s, \\ &= d\vartheta \sum_{\lambda=1}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \left\{ \binom{n+1}{\lambda+1} + \binom{n+1}{\lambda} \right\} \xi_\lambda - (-1)^n \binom{n+1}{n+1} \xi_{n+1} d\vartheta \\ &\quad + id s \sum_{\lambda=0}^{\lambda=n+1} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda} \\ &= d\vartheta \sum_{\lambda=1}^{\lambda=n+1} (-1)^\lambda \binom{n+2}{\lambda+1} \xi_\lambda. \end{aligned}$$

Unsere Behauptung würde also auch gelten für $n+1$. Nun ist sie aber jedenfalls richtig für $n=2$, mithin gilt sie allgemein.

In ganz derselben Weise können natürlich umgekehrt die Coordinaten der Rückkehrpole durch diejenigen der Wendepole ausgedrückt werden.

Anmerkung. Schreiben wir Gleichung (12) in der Form

$$z_n = \sum_{\lambda=0}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} \xi_\lambda, \quad (13)$$

wo ξ_0 — für den Punkt \mathfrak{B} — den Werth Null hat, so gilt sie allgemein für jedes rechtwinklige Coordinatensystem. Denn setzen wir wieder $\xi_\lambda = (\xi_\lambda^* - \xi_0^*) e^{-i\omega}$ und $z_n = (z_n^* - \xi_0^*) e^{-i\omega}$, so geht (13) über in

$$z_n^* - \xi_0^* = \sum_{\lambda=0}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} (\xi_\lambda^* - \xi_0^*)$$

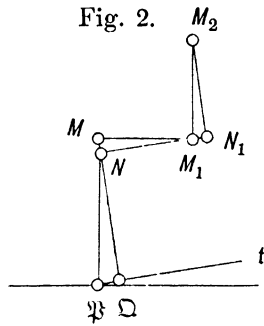
oder

$$z_n^* = \sum_{\lambda=0}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} \xi_\lambda^* + \xi_0^* \sum_{\lambda=0}^{\lambda=n+1} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda} = \sum_{\lambda=0}^{\lambda=n} (-1)^\lambda \binom{n+1}{\lambda+1} \xi_\lambda^*.$$

§. 5. Formeln für die Coordinaten der Rückkehr- und Wendepole, wenn die Systembewegung durch Angabe von Polbahn und Polcurve bestimmt ist.

In Fig. 2 (a. f. S.) sind $M, M_1, M_2 \dots$ die Krümmungsmittelpunkte der Polbahn und ihrer auf einander folgenden Evoluten für den Punkt \mathfrak{B} ,

$N, N_1, N_2 \dots$ die entsprechenden Krümmungsmittelpunkte für den unendlich benachbarten Punkt Ω . Im Punkte M schneiden sich



die Normalen, die in Ω zu $\mathfrak{P}\Omega$ und in \mathfrak{P} zum vorhergehenden Element der Polbahn errichtet werden, und es ist ferner M_1M senkrecht auf $\mathfrak{P}M$, M_1N senkrecht auf ΩN u. s. w., also $\angle \Omega M \mathfrak{P} = \angle N M_1 M = \angle N_1 M_2 M_1 = \dots = d\tau$. Bezeichnen wir die Krümmungsradien $\mathfrak{P}M, MM_1, M_1M_2 \dots$ bzw. mit $\pi, \pi_1, \pi_2 \dots$, so wird $\Omega N = \pi + d\pi$, $NN_1 = \pi_1 + d\pi_1 \dots$, also

$MN = -d\pi$, $M_1N_1 = d\pi_1 \dots$. Dann folgt unmittelbar aus der Figur

$$\pi d\tau = ds \quad (14)$$

$$\pi_1 d\tau = -d\pi$$

$$\pi_2 d\tau = d\pi_1$$

$$\dots \dots \dots$$

oder

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\pi}{ds} &= -\frac{\pi_1}{\pi} \\ \frac{d\pi_n}{ds} &= (-1)^{n+1} \frac{\pi_{n+1}}{\pi} \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Dabei wird der Krümmungsradius π_n positiv gerechnet, wenn die Strecke $M_{n-1}M_n$ zur positiven Normale oder Tangente der Polbahn parallel ist. Verstehen wir ferner unter $p, p_1, p_2 \dots$ die entsprechenden Krümmungsradien der Polcurve und ihrer Evoluten, so haben wir analog zu (14) und (15) die weiteren Gleichungen

$$p(d\vartheta + d\tau) = ds \quad (16)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp}{ds} &= -\frac{p_1}{p} \\ \frac{dp_n}{ds} &= (-1)^{n+1} \frac{p_{n+1}}{p} \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Aus (14) und (16) ergibt sich

$$d\vartheta = \frac{\pi - p}{\pi p} ds,$$

mithin gehen die Gleichungen (3), (4), (8), (9) über in

$$\left. \begin{aligned} (\pi - p) \xi_n &= \pi \xi_{n-1} + \pi p \frac{d\eta_{n-1}}{ds} \\ (\pi - p) \eta_n &= \pi \eta_{n-1} - \pi p \frac{d\xi_{n-1}}{ds} - \pi p \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

$$\left. \begin{aligned} (p - \pi) x_n &= p x_{n-1} + p \pi \frac{dy_{n-1}}{ds} \\ (p - \pi) y_n &= p y_{n-1} - p \pi \frac{dx_{n-1}}{ds} - p \pi \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Aus den Recursionsformeln (18) erhalten wir mit Rücksicht auf (15) und (17) für die Coordinaten der Punkte Ψ_1, Ψ_2, Ψ_3 die Werthe

$$\begin{aligned} \xi_1 &= 0, & \eta_1 &= -\frac{\pi p}{\pi - p} \\ \xi_2 &= \frac{\pi^3 p_1 - p^3 \pi_1}{(\pi - p)^3}, & \eta_2 &= -\frac{\pi p}{\pi - p} \left(1 + \frac{\pi}{\pi - p}\right) \\ \xi_3 &= \frac{3 \pi^4 p_1 - 4 p^3 \pi \pi_1 + p^4 \pi_1}{(\pi - p)^4}, & \eta_3 &= -\frac{\pi p}{\pi - p} \left\{1 + \frac{\pi}{\pi - p} \right. \\ & & & \left. + \left(\frac{\pi}{\pi - p}\right)^2\right\} + 3 \frac{(\pi^2 p_1 - p^2 \pi_1)^2}{(\pi - p)^3} - \frac{\pi^4 p_2 - p^4 \pi_2}{(\pi - p)^4}. \end{aligned}$$

§. 6. Specielle Fälle.

I. Bezeichnen wir mit A einen beliebigen Punkt des Kreises w_1 , mit A_1 den zweiten Schnittpunkt der Geraden $W_1 A$ und des Kreises w_2 , mit A_2 den zweiten Schnittpunkt von $W_2 A_1$ und w_3 , so wird im Allgemeinen jede Systemcurve a , die A zum Krümmungsmittelpunkte und $\mathfrak{B} A$ zur Normale hat, ihre Hüllbahncurve α momentan in einem Wendepunkte derselben berühren. Ist aber AA_1 der Krümmungsradius der Evolute von a im Punkte A , so hat die Curve α statt eines Wendepunktes einen Undulationspunkt, und ist gleichzeitig $A_1 A_2$ der Krümmungsradius der zweiten Evolute von a , so besitzt α eine fünf-punktig berührende Tangente. Lassen wir den Punkt A zusammenfallen mit dem zweiten Schnittpunkte der Kreise w_1 und w_2 , also mit dem Fusspunkte K des von W_1 auf $\mathfrak{B} W_2$ gefällten Lothes, so wird auch der zugeordnete Punkt A_1 identisch mit K ; folglich befindet sich K , als Systempunkt betrachtet, in einem Undulationspunkte seiner Bahn. Wir bezeichnen den Punkt K mit Mehmke als den *Ball'schen Punkt* der betrachteten Systemlage ¹⁾. — In dem besonderen Falle, dass der dritte Wendepol W_3 auf der Geraden $W_1 K$ liegt, vereinigen sich in K drei einander zugeordnete Punkte A, A_1, A_2 , und der Punkt K beschreibt eine Bahnstelle mit fünfpunktig berührender Tangente. Befindet sich überdies der Punkt W_4 auf der Geraden $\mathfrak{B} W_2$, so geht ausser dem Kreise w_3 auch noch der Kreis w_4 durch K , und dieser Punkt bleibt in sechs unendlich benachbarten Systemlagen auf der Geraden $W_1 K$. Es gilt daher überhaupt der Satz: *Liegen von den n ersten Wendepolen $W_1, W_2 \dots W_n$ alle Punkte mit geradem Index auf einer durch den Pol gehenden Geraden und alle Punkte mit ungeradem Index auf einer zu dieser senkrechten Geraden, so beschreibt der Schnittpunkt K beider Geraden — der Ball'sche Punkt — momentan eine Bahnstelle mit $n + 2$ punktig berührender Tangente, und umgekehrt.*

Steht die Gerade $W_1 W_3$ senkrecht auf $\mathfrak{B} W_2$, so ist

$$x_2 x_3 + y_2 (y_3 - y_1) = 0$$

¹⁾ Vergl. Mehmke, Ueber die Bewegung eines starren ebenen Systems in seiner Ebene, Zeitschr. für Math. u. Phys. 35, 70.

oder nach (10)

$$d^2\vartheta d^2\tau + (d\vartheta - d\tau) d^3\vartheta - d\vartheta d\tau (d\vartheta - d\tau)^2 - 2d^2\vartheta^2 = 0,$$

und dann hat die Bahncurve des Punktes K mit der Geraden W_1K fünf unendlich benachbarte Punkte gemein. Im Falle sechspunktiger Berührung muss für die folgende Systemlage S' eine analoge Gleichung gelten, die sich aus der vorigen ergibt, wenn $d\vartheta, d\tau, d^2\vartheta \dots$ ersetzt werden durch $d\vartheta + d^2\vartheta, d\tau + d^2\tau, d^2\vartheta + d^3\vartheta \dots$, d. h. es muss auch das Differential der linken Seite der letzten Gleichung gleich Null sein. Und allgemein: Der Punkt K befindet sich in $n + 2$ auf einander folgenden Lagen auf einer Geraden, wenn der Ausdruck

$$d^2\vartheta d^2\tau + (d\vartheta - d\tau) d^3\vartheta - d\vartheta d\tau (d\vartheta - d\tau)^2 - 2d^2\vartheta^2$$

und seine $n - 3$ ersten Differentiale verschwinden.

II. Nehmen wir an, der Punkt W_2 falle mit \mathfrak{P} zusammen, so decken sich die Kreise w_2 und w_1 , und dann beschreiben alle Punkte von w_1 momentan Undulationspunkte mit Ausnahme des Pols¹⁾, sowie desjenigen Punktes K , der zugleich auf w_3 liegt und deshalb eine Bahnstelle mit fünfpunktig berührender Tangente durchläuft²⁾. Ist aber ausserdem der Punkt W_3 identisch mit W_1 , also auch der Kreis w_3 identisch mit w_1 , so bleibt jeder Punkt von w_1 in fünf und der Schnittpunkt K von w_1 und w_4 sogar in sechs unendlich benachbarten Lagen auf einer Geraden. Hieraus folgt überhaupt: *Wenn in der Kette der Wendepole von W_2 bis W_n alle Punkte von geradem Index mit \mathfrak{P} und alle Punkte von ungeradem Index mit W_1 zusammenfallen, so durchschreiten alle Punkte von w_1 Bahnstellen mit $n + 2$ punktig berührender Tangente, mit Ausnahme des Pols und des Ball'schen Punktes K , der zugleich dem ersten von w_1 verschiedenen Wendekreis w_{n+1} angehört; die Bahncurve dieses Punktes hat mit der Geraden W_1K $n + 3$ unendlich benachbarte Punkte gemein.*

Im vorliegenden Falle ist zufolge den Gleichungen (10)

$$d\vartheta = d\tau, d^2\vartheta = d^3\vartheta = \dots = d^n\vartheta = 0, d^2\tau = d^3\tau = \dots = d^{n-1}\tau = 0,$$

also nach (14) bis (17)

$$p = \frac{\pi}{2}, \pi_1 = \pi_2 = \dots = \pi_{n-2} = 0, p_1 = p_2 = \dots = p_{n-2} = 0,$$

$$p_{n-1} = \frac{\pi_{n-1}}{2^{n+1}}.$$

Aus den Gleichungen (11) ergibt sich ferner für $k = 1, 2 \dots n$:

$$\xi_k = 0, \eta_k = y_1(1 - 2^k);$$

es ist also

$$\Psi_1 \Psi_2 = 2 \cdot \mathfrak{P} \Psi_1, \Psi_2 \Psi_3 = 2 \cdot \Psi_1 \Psi_2 \dots \Psi_{n-1} \Psi_n = 2 \cdot \Psi_{n-2} \Psi_{n-1}.$$

III. Ist die Polbahn eine Gerade, also $\pi = \infty$, so gehen die Gleichungen (19) über in

$$x_n = -p \frac{dy_{n-1}}{ds}, \quad y_n = p + p \frac{dx_{n-1}}{ds},$$

¹⁾ Vergl. §. 9 dieser Arbeit. — ²⁾ M e h m k e, a. a. O., S. 76.

und wir erhalten mit Rücksicht auf (17)

$$\begin{aligned} x_1 &= 0 & y_1 &= p \\ x_2 &= p_1 & y_2 &= p \\ x_3 &= p_1 & y_3 &= p + p_2 \\ x_4 &= p_1 + p_3 & y_4 &= p + p_2 \\ &\dots & & \dots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x_{2k} = x_{2k+1} &= p_1 + p_3 + p_5 + \dots + p_{2k-1}, & y_{2k-1} &= y_{2k} \\ & & &= p + p_2 + p_4 + \dots + p_{2k-2}. \end{aligned}$$

D. h. die Wendepole sind die dem Punkte \mathfrak{P} entsprechenden Krümmungsmittelpunkte der Polcurve und ihrer Evoluten¹⁾. Ist andererseits in irgend einer Systemlage $\mathfrak{P} W_1 \perp W_1 W_2 \perp W_2 W_3 \perp \dots \perp W_{n-2} W_{n-1} \perp W_{n-1} W_n$, so hat die Polbahn im augenblicklichen Pole \mathfrak{P} eine $n + 1$ -punktig berührende Tangente.

IV. Sind die Rollcurven zwei Kreise mit den Radien π und p , so ist $\pi_1 = \pi_2 = \dots = p_1 = p_2 = \dots = 0$. Dann folgt aus (18):

$$\xi_1 = \xi_2 = \dots = 0$$

und

$$\begin{aligned} \eta_1 &= -\frac{p\pi}{\pi - p} \\ \eta_2 &= \eta_1 - p \left(\frac{\pi}{\pi - p}\right)^2 \\ \eta_3 &= \eta_2 - p \left(\frac{\pi}{\pi - p}\right)^3 \\ &\dots \\ \eta_n &= \eta_{n-1} - p \left(\frac{\pi}{\pi - p}\right)^n. \end{aligned}$$

Analoge Formeln ergeben sich durch Vertauschung von π und p für die Coordinaten der Wendepole. Bezeichnen wir daher bezw. mit M und M die Mittelpunkte des festen und des beweglichen Kreises, so finden wir die Punkte $\mathfrak{P}_1, \mathfrak{P}_2 \dots W_1, W_2 \dots$ durch folgende Construction (Fig. 3). Wir legen durch M und M die Geraden $M\mathfrak{A}, M\mathfrak{A}$ beliebig und ziehen $\mathfrak{P}\mathfrak{B}_1$ parallel zu $M\mathfrak{A}$ bis $M\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}_1\mathfrak{P}_1$ parallel zu $\mathfrak{A}\mathfrak{P}$ bis MM , $\mathfrak{P}_1\mathfrak{B}_2$ parallel zu $M\mathfrak{A}$ bis $M\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}_2\mathfrak{P}_2$ parallel zu $\mathfrak{A}\mathfrak{P}$ bis MM u. s. w., ferner $\mathfrak{P}\mathfrak{C}_1$ parallel zu $M\mathfrak{A}$ bis $M\mathfrak{A}$, $\mathfrak{C}_1 W_1$ parallel zu $\mathfrak{A}\mathfrak{P}$ bis MM , $W_1\mathfrak{C}_2$ parallel zu $M\mathfrak{A}$ bis $M\mathfrak{A}$, $\mathfrak{C}_2 W_2$ parallel zu $\mathfrak{A}\mathfrak{P}$ u. s. w.

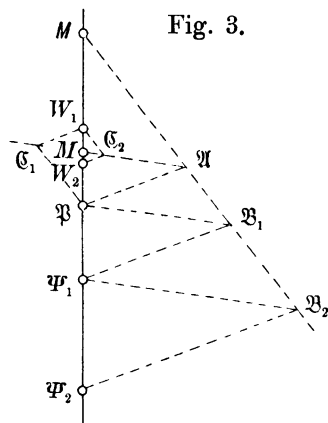


Fig. 3.

V. Wir nehmen endlich an, jede der beiden Rollcurven sei symmetrisch in Bezug auf die Polbahnnormale n , ihr augenblicklicher

¹⁾ Ueber die Bewegung eines starren ebenen Systems durch fünf unendlich benachbarte Lagen, S. 141.

Berührungspunkt \mathfrak{P} sei also ein Scheitel für beide Curven. Bestimmen wir dann für irgend zwei Systemgeraden a und b , die in Bezug auf n symmetrisch liegen, die Krümmungsmittelpunkte $A, A_1, A_2 \dots$ und $B, B_1, B_2 \dots$ der zugehörigen Hüllbahncurven und ihrer Evoluten, so sind die entstehenden Punktketten offenbar gleichfalls symmetrisch in Bezug auf n . Nun schneiden sich aber die Geraden $A_{n-1}A_n$ und $B_{n-1}B_n$ im Punkte \mathfrak{P}_n , folglich liegt dieser auf der Geraden n . *Im vorliegenden Falle befinden sich also die sämtlichen Rückkehr- und Wendepole auf der Polbahnnormale n .* Dabei ist für $n = 1, 2 \dots$

$$\pi_{2n-1} = p_{2n-1} = 0$$

und

$$d^{2n}\vartheta = d^{2n}\tau = 0.$$

§. 7. Die Krümmungsradien der Evoluten einer Hüllbahncurve.

Wir betrachten in der Systemlage S eine beliebige Curve c mit den Evoluten $c_1, c_2 \dots$ und bezeichnen mit $\gamma, \gamma_1, \gamma_2 \dots$ die zugehörige Hüllbahncurve und deren Evoluten, mit $\mathfrak{P}, \mathfrak{Q}, \mathfrak{R} \dots$ wie früher die Pole der unendlich benachbarten Systemlagen $S, S', S'' \dots$ (Fig. 4).

Es seien ferner C und Γ bzw. die Krümmungsmittelpunkte von c und γ auf der durch \mathfrak{P} gehenden Normale beider Curven, $C_1, C_2 \dots \Gamma_1, \Gamma_2 \dots$ die entsprechenden Krümmungsmittelpunkte von $c_1, c_2 \dots \gamma_1, \gamma_2 \dots$. In der Systemlage S' kommen die Curven $c, c_1, c_2 \dots$ nach $c', c'_1, c'_2 \dots$; dann bestimmt die Tangente von \mathfrak{Q} an c'_1 den Berührungspunkt von c' und γ , und diesem entsprechen auf $c'_1, c'_2, c'_3 \dots \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3 \dots$ bzw. die Krümmungsmittelpunkte $D', D'_1, D'_2 \dots A, A_1, A_2 \dots$

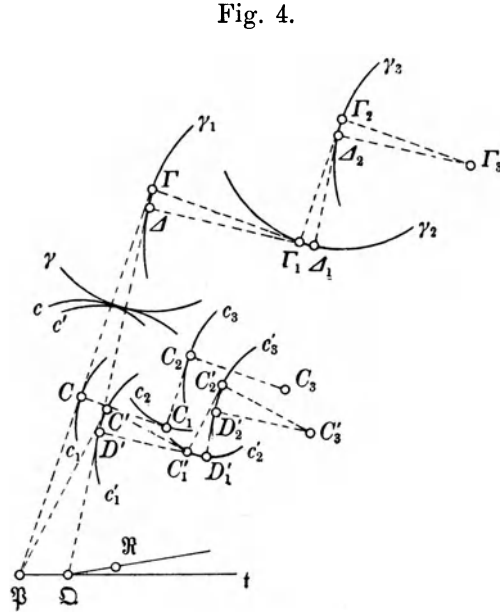


Fig. 4.

Setzen wir $\angle C\mathfrak{P}\mathfrak{Q} = \varphi$, $\mathfrak{P}C = r$, $CC_1 = r_1$, $C_1C_2 = r_2 \dots \mathfrak{P}\Gamma = \varrho$, $\Gamma\Gamma_1 = \varrho_1$, $\Gamma_1\Gamma_2 = \varrho_2 \dots$, so ist $\angle D'\mathfrak{Q}\mathfrak{R} = \varphi + d\varphi$, $\mathfrak{Q}D' = r + dr$, $D'D_1 = r_1 + dr_1 \dots \mathfrak{Q}A = \varrho + d\varrho$, $A_1A_2 = \varrho_1 + d\varrho_1 \dots$. Dabei verstehen wir unter φ denjenigen zwischen 0° und 180° liegenden Winkel, um welchen die Gerade $\mathfrak{P}C$ im Sinne der Drehung des Systems gedreht werden muss, um mit der Polbahntangente t zusammenzufallen, und wir rechnen $r, r_1 \dots \varrho, \varrho_1 \dots$ positiv

wenn nach dieser Drehung bezw. die Strecken $\mathfrak{B}C, CC_1 \dots \mathfrak{B}\Gamma, \Gamma\Gamma_1 \dots$ zur positiven Polbahntangente oder zur negativen Polbahnnormale parallel sind.

Wir können den Krümmungsmittelpunkt Γ auffassen als den Schnittpunkt der Geraden $\mathfrak{B}C$ und $\Omega D'$, ebenso C' als Schnittpunkt von $\mathfrak{B}C'$ und $\Omega D'$. Gebrauchen wir daher die Bezeichnungen $ds, d\vartheta, d\tau, d^2\tau$ in derselben Bedeutung wie früher und setzen $\angle \Omega \Gamma \mathfrak{B} = d\mu, \angle \Omega C' \mathfrak{B} = d\nu$, so folgt zunächst aus dem Dreieck $\mathfrak{B}\Omega\Gamma$

$$\varrho = ds \frac{\sin(\varphi + d\varphi + d\tau + d^2\tau)}{\sin d\mu} = \frac{ds}{d\mu} \sin \varphi,$$

und es ist ferner

$$\begin{aligned} \varrho_1 d\mu &= \Gamma A = \varrho - (\varrho + d\varrho) - ds \cos \varphi = -d\varrho - ds \cos \varphi \\ \varrho_2 d\mu &= \Gamma_1 A_1 = d\varrho_1 \\ \varrho_3 d\mu &= \Gamma_2 A_2 = -d\varrho_2 \\ &\dots \dots \dots \\ \varrho_n d\mu &= (-1)^n d\varrho_{n-1}. \end{aligned}$$

Nun ist $\angle C \mathfrak{B} C' = d\vartheta$, also
 $d\mu = d\nu - d\vartheta$.

Aus dem Dreieck $\mathfrak{B}\Omega C'$ ergibt sich aber

$$\sin d\nu = \frac{ds}{r} \sin(\varphi + d\varphi + d\tau + d^2\tau),$$

oder

$$d\nu = \frac{ds}{r} \sin \varphi; \tag{20}$$

mithin wird

$$d\mu = \frac{ds \sin \varphi - r d\vartheta}{r}.$$

Dann gehen die Gleichungen für ϱ und ϱ_1 über in

$$\varrho(ds \sin \varphi - r d\vartheta) = r ds \sin \varphi \tag{21}$$

$$\varrho_1(ds \sin \varphi - r d\vartheta) = -r(d\varrho + ds \cos \varphi) \tag{22}$$

und für ϱ_n entsteht die Recursionsformel

$$\varrho_n(ds \sin \varphi - r d\vartheta) = (-1)^n r d\varrho_{n-1}. \tag{23}$$

In den Ausdrücken für $d\varrho, d\varrho_1 \dots$, die durch Differentiation der Gleichungen (21), (22) ... zu bilden sind, erscheinen die noch unbekanntenen Differentiale von $\varphi, r, r_1 \dots$. Nun folgt aus dem Dreieck $\mathfrak{B}\Omega C'$

$$d\nu + \varphi - d\vartheta = \varphi + d\varphi + d\tau + d^2\tau,$$

also ist

$$d\varphi = d\nu - (d\vartheta + d\tau)$$

oder nach (20)

$$d\varphi = \frac{ds}{r} \sin \varphi - (d\vartheta + d\tau). \tag{24}$$

Es ist ferner

$$r_1 d\nu = C' D' = r - (r + dr) - ds \cos \varphi = -dr - ds \cos \varphi$$

$$r_2 d\nu = C'_1 D'_1 = dr_1$$

und allgemein

$$r_{n+1} d\nu = (-1)^{n+1} dr_n.$$

Setzen wir hier wieder für $d\nu$ den Werth aus Gleichung (20), so erhalten wir für die Differentiale von r und r_n

$$dr = -ds \cos \varphi - \frac{r_1}{r} ds \sin \varphi \quad (25)$$

$$dr_n = (-1)^{n+1} \frac{r_{n+1}}{r} ds \sin \varphi. \quad (26)$$

Für den Fall, dass die Systembewegung durch den Pol \mathfrak{P} und die Kette der Rückkehrpole $\Psi_1, \Psi_2 \dots$ bestimmt ist, bedürfen die Gleichungen für $\varrho, \varrho_1 \dots$ noch einer Umformung. Aus Gleichung (3) folgt für $n = 2$

$$d\vartheta = \frac{d\eta_1}{\xi_2},$$

und demnach aus (5)

$$ds = -\eta_1 d\vartheta = -\frac{\eta_1}{\xi_2} d\eta_1.$$

Es ist ferner nach (6)

$$\eta_2 = \eta_1 \left(1 + \frac{d\vartheta + d\tau}{d\vartheta} \right),$$

also wird

$$d\vartheta + d\tau = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_1 \xi_2} d\eta_1.$$

Dann gehen die Gleichungen (21) bis (26) über in

$$\varrho = \frac{\eta_1 r \sin \varphi}{r + \eta_1 \sin \varphi} \quad (27)$$

$$\varrho_1 = \frac{r}{r + \eta_1 \sin \varphi} \left(\xi_2 \frac{d\varrho}{d\eta_1} - \eta_1 \cos \varphi \right) \quad (28)$$

$$\varrho_n = (-1)^{n-1} \frac{\xi_2 r}{r + \eta_1 \sin \varphi} \cdot \frac{d\varrho_{n-1}}{d\eta_1} \quad n = 2, 3 \dots \quad (29)$$

$$\frac{d\varphi}{d\eta_1} = \frac{1}{\xi_2} \left(1 - \frac{\eta_2}{\eta_1} - \frac{\eta_1}{r} \sin \varphi \right) \quad (30)$$

$$\frac{dr}{d\eta_1} = \frac{\eta_1}{\xi_2} \left(\frac{r_1}{r} \sin \varphi + \cos \varphi \right) \quad (31)$$

$$\frac{dr_n}{d\eta_1} = (-1)^n \frac{\eta_1 r_{n+1}}{\xi_2 r} \sin \varphi \quad n = 1, 2 \dots \quad (32)$$

Berechnen wir $\varrho_2, \varrho_3 \dots$ mit Hülfe der Recursionsformel (29), so sind in den Ausdrücken für $\frac{d\varrho_1}{d\eta_1}, \frac{d\varrho_2}{d\eta_1} \dots$ zunächst noch die Differentialquotienten $\frac{d\xi_2}{d\eta_1}, \frac{d\eta_2}{d\eta_1} \dots$ enthalten; für diese ergibt sich aber aus (3) und (4)

$$\frac{d\xi_n}{d\eta_1} = \frac{1}{\xi_2} \left(\eta_1 - \eta_{n+1} + \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_1} \eta_n \right) \quad (33)$$

$$\frac{d\eta_n}{d\eta_1} = \frac{1}{\xi_2} \left(\xi_{n+1} - \frac{\eta_2 - \eta_1}{\eta_1} \xi_n \right). \quad (34)$$

Die Gleichungen (27) bis (29) dienen umgekehrt auch zur Bestimmung der Rückkehrpole, wenn von zwei beliebigen Systemcurven die Hüllbahncurven bekannt sind.

§. 8. Die Punkte stationärer Krümmung.

Tritt an die Stelle der Systemcurve c ein einziger Systempunkt C , so bestimmen die Gleichungen (28) und (29) die Krümmungsradien der Evoluten der zugehörigen Bahncurve γ , wenn $r_1 = r_2 = \dots = 0$ gesetzt wird, und dann verwandelt sich Gleichung (31) in

$$\frac{dr}{d\eta_1} = \frac{\eta_1}{\xi_2} \cos \varphi. \quad (31')$$

Beschreibt der Punkt C momentan eine Bahnstelle mit vierpunktig berührendem Krümmungskreise, so hat der Krümmungsradius $r - \varrho$ in den Systemlagen S und S' denselben Werth, d. h. es ist

$$\frac{d(r - \varrho)}{d\eta_1} = 0.$$

Nun folgt aus (27)

$$r - \varrho = \frac{r^2}{r + \eta_1 \sin \varphi}, \quad (35)$$

mithin geht die vorige Gleichung unter Berücksichtigung von (30) und (31') über in

$$r(\eta_2 \cos \varphi - \xi_2 \sin \varphi) + 3\eta_1^2 \sin \varphi \cos \varphi = 0. \quad (36)$$

Hierdurch wird die *Kreispunktcurve* der Systemlage S dargestellt, d. h. der Ort aller Systempunkte, die momentan Bahnstellen mit stationärem Krümmungskreise durchlaufen. Auf die an anderer Stelle behandelte Construction dieser Curve brauchen wir hier nicht von Neuem einzugehen¹⁾.

Die Bahncurve γ hat mit ihrem Krümmungskreise an der Stelle C nicht nur vier, sondern *fünf* unendlich benachbarte Punkte gemein, wenn der Punkt C auch der Kreispunktcurve für die folgende Systemlage S' angehört. Dann verschwindet aber von der linken Seite der letzten Gleichung der Differentialquotient nach η_1 , in welchem für $\frac{d\xi_2}{d\eta_1}$ und $\frac{d\eta_2}{d\eta_1}$ die Werthe aus (33) und (34) zu setzen sind, d. h. es ist

$$r^2 \{ \xi_3 \cos \varphi + (\eta_3 - \eta_1) \sin \varphi \} + r\eta_1 \{ (3\eta_1 - 2\eta_2) \cos^2 \varphi + 6\xi_2 \cos \varphi \sin \varphi - (3\eta_1 - 4\eta_2) \sin^2 \varphi \} - 3\eta_1^3 \sin \varphi (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi) = 0$$

oder nach (36)

¹⁾ Ueber die Bewegung eines starren ebenen Systems durch fünf unendlich benachbarte Lagen, S. 137.

$$r^2 \{ \xi_3 \cos \varphi + (\eta_3 - \eta_1) \sin \varphi \} + r \eta_1 \{ 3 \eta_1 \cos^2 \varphi + 4 \xi_2 \cos \varphi \sin \varphi + (4 \eta_2 - 3 \eta_1) \sin^2 \varphi \} + 3 \eta_1^3 \sin \varphi = 0. \quad (37)$$

Die Gleichungen (36) und (37) bestimmen im Allgemeinen vier Punkte (r, φ) , die wir als die *Burmester'schen Punkte* der Systemlage S bezeichnet haben¹⁾.

Soll ferner der Punkt C in *sechs* unendlich benachbarten Lagen auf einem Kreise bleiben, so ergibt sich in ganz derselben Weise aus Gleichung (37) durch Differentiation nach η_1 die neue Bedingung

$$r^3 \{ (\xi_4 - \xi_2) \sin \varphi - (\eta_4 - \eta_2) \cos \varphi \} + r^2 \eta_1 \{ (2 \xi_3 + 10 \xi_2) \cos^2 \varphi - (3 \eta_3 - 16 \eta_2 + 9 \eta_1) \cos \varphi \sin \varphi + (5 \xi_3 - 6 \xi_2) \sin^2 \varphi \} + r \eta_1^2 \{ (6 \eta_1 - 3 \eta_2) \cos^3 \varphi + 21 \xi_2 \cos^2 \varphi \sin \varphi + (12 \eta_1 + 5 \eta_2) \cos \varphi \sin^2 \varphi + 13 \xi_2 \sin^3 \varphi - 3 \eta_1^4 \sin \varphi \cos \varphi \} = 0,$$

und diese lässt sich mit Hülfe der gleichzeitig geltenden Gleichungen (36) und (37) umformen in

$$r^2 (\xi_4 \sin \varphi - \eta_4 \cos \varphi) + r \eta_1 \{ (2 \xi_3 + 10 \xi_2) \cos^2 \varphi - (3 \eta_3 - 16 \eta_2 + 12 \eta_1) \cos \varphi \sin \varphi + (5 \xi_3 - 6 \xi_2) \sin^2 \varphi \} + \eta_1^2 \{ (-2 \eta_2 + 6 \eta_1) \cos^3 \varphi + 20 \xi_2 \cos^2 \varphi \sin \varphi + (6 \eta_2 + 12 \eta_1) \cos \varphi \sin^2 \varphi + 12 \xi_2 \sin^3 \varphi \} = 0. \quad (38)$$

Bestimmen wir die Bewegung des Systems, indem wir für die Anfangslage S den Pol \mathfrak{P} und die Kette der Rückkehrpole Ψ_1, Ψ_2, \dots willkürlich vorschreiben, so giebt es im Allgemeinen keinen Systempunkt C , dessen Coordinaten r, φ den drei Gleichungen (36), (37), (38) genügen. Fordern wir dagegen, dass zwei Systempunkte C und D sich in sechs unendlich benachbarten Lagen auf gegebenen Kreisen bzw. um die Mittelpunkte Γ, \mathcal{A} bewegen sollen, so ist \mathfrak{P} der Schnittpunkt der Geraden $C\Gamma$ und $D\mathcal{A}$, und dann sind die Gleichungen (35) bis (38) gerade ausreichend zur Bestimmung von $\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3, \Psi_4$. — Die entsprechenden Gleichungen für die Wendepole ergeben sich aus den vorigen durch Vertauschung von $r, \varphi, \eta_1, \eta_2, \xi_2, \dots$ bzw. mit $\varrho, r, y_1, y_2, x_2, \dots$

§. 9. Der Pol als Systempunkt.

Die in §. 7 abgeleiteten Formeln gelten nicht für die Bahncurve \mathfrak{p} desjenigen Systempunktes, der in der Systemlage S mit dem Pol \mathfrak{P} zusammenfällt. Derselbe bleibt beim Uebergange in die nächste Systemlage fest und gelangt darauf durch Drehungen bzw. um die Pole $\Omega, \mathfrak{R}, \mathfrak{S}, \dots$ bzw. nach $\mathfrak{P}'', \mathfrak{P}''', \mathfrak{P}'''' \dots$; der dem Punkte \mathfrak{P} entsprechende Krümmungsmittelpunkt von \mathfrak{p} ist also der Schnittpunkt \mathfrak{M} der Hal-

¹⁾ Ueber die Bewegung eines starren ebenen Systems durch fünf unendlich benachbarte Lagen, S. 145. Vergl. auch Construction der Burmester'schen Punkte für ein ebenes Gelenkviereck, Zeitschr. f. Math. u. Phys.; erste Mittheilung 37, 213; zweite Mittheilung 38, 129.

birungslinie der Winkel $\mathfrak{P}\Omega\mathfrak{P}''$ und $\mathfrak{P}''\mathfrak{R}\mathfrak{P}'''$ (Fig. 5). Nun ist der Contingenzwinkel der Polbahn bei Ω gleich $d\tau + d^2\tau$ und $\angle \mathfrak{P}\Omega\mathfrak{P}'' = d\vartheta + d^2\vartheta$, sowie unter Vernachlässigung von unendlich kleinen Grössen dritter Ordnung $\angle \mathfrak{P}''\mathfrak{R}\mathfrak{P}''' = d\vartheta + 2d^2\vartheta$, mithin $\angle \Omega\mathfrak{R}\mathfrak{P}'' = \frac{1}{2}(d\vartheta + d\tau + d^2\vartheta + d^2\tau)$, $\angle \mathfrak{R}\Omega\mathfrak{M} = \frac{1}{2}(d\vartheta + 2d\tau + d^2\vartheta + 2d^2\tau)$ und $\angle \Omega\mathfrak{M}\mathfrak{R} = \frac{1}{2}(d\vartheta - d\tau + 2d^2\vartheta - d^2\tau)$. Dann folgt aus dem Dreieck $\Omega\mathfrak{R}\mathfrak{M}$

$$\begin{aligned}
 \mathfrak{R}\mathfrak{M} &= \Omega\mathfrak{R} \frac{\sin \angle \mathfrak{R}\Omega\mathfrak{M}}{\sin \angle \Omega\mathfrak{M}\mathfrak{R}} \\
 &= ds \frac{d\vartheta + 2d\tau + d^2\vartheta + 2d^2\tau}{d\vartheta - d\tau + 2d^2\vartheta - d^2\tau},
 \end{aligned}$$

d. h. $\mathfrak{R}\mathfrak{M} = 0$, wenn nicht $d\vartheta = d\tau$ ist. Die Strecke $\mathfrak{R}\mathfrak{M}$ ist aber bis auf unendlich kleine Grössen gleich dem Krümmungsradius r der Curve p im Punkte \mathfrak{P} ; demnach ergibt sich der Satz: *Der mit dem Pole \mathfrak{P} zusammenfallende Systempunkt beschreibt im Allgemeinen eine Spitze vom Krümmungsradius Null. Ist jedoch $d\vartheta = d\tau$, so hat die betrachtete Bahncurve in \mathfrak{P} eine Schnabelspitze mit endlichem Krümmungsradius*

$$r = \frac{3 ds d\vartheta}{2 d^2\vartheta - d^2\tau}, \quad (39)$$

und ist überdies $d^2\tau = 2d^2\vartheta$, so wird der Krümmungsradius der Spitze unendlich gross. In jedem dieser Fälle berührt die Polbahnnormale n die Curve p in \mathfrak{P} .

Für $d\vartheta = d\tau$ folgt aus den Gleichungen (10) $y_2 = 0$,

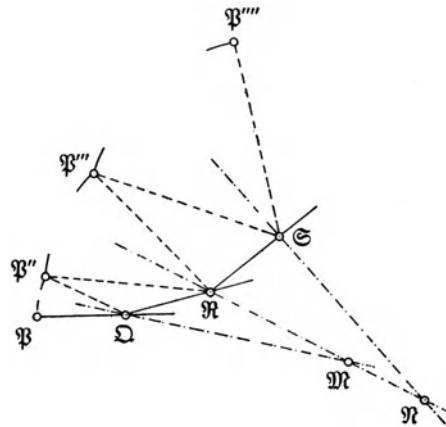
$$x_3 = \frac{ds}{d\vartheta^3} (d^2\tau - 2d^2\vartheta),$$

und dann geht Gleichung (39) über in

$$r = -3 \frac{y_1^2}{x_3}. \quad (40)$$

Der Punkt \mathfrak{P} beschreibt also eine Schnabelspitze mit endlicher Krümmung, wenn der zweite Wendepol auf der Polbahntangente liegt, und der zugehörige Krümmungsradius wird unendlich gross, wenn sich gleichzeitig der dritte Wendepol auf der Polbahnnormale befindet. In dem zuerst erwähnten Sonderfalle ist \mathfrak{P} der Fusspunkt des Lothes von W_1 auf $\mathfrak{P}W_2$, d. h. der Ball'sche Punkt der Systemlage S ; im zweiten steht die Gerade W_1W_3 auf $\mathfrak{P}W_2$ senkrecht, der Pol \mathfrak{P} bleibt also der Ball'sche Punkt auch für die unmittelbar folgende Lage S' (§. 6, I). — Im ersten Falle liefert die Gleichung (40) eine einfache Construction für den Krümmungsmittelpunkt \mathfrak{M} der Curve p .

Fig. 5.



Wir bestimmen ferner den zugehörigen Krümmungsradius r_1 der Evolute p_1 von p . Bezeichnen wir in Fig. 5 mit \mathfrak{N} den Schnittpunkt der Geraden $\mathfrak{M}\mathfrak{N}$ und der Halbierungslinie des Winkels $\mathfrak{P}'''\mathfrak{S}\mathfrak{P}''''$, so sind $\mathfrak{Q}\mathfrak{M}\mathfrak{N}$, $\mathfrak{N}\mathfrak{N}$, $\mathfrak{S}\mathfrak{N}$ drei unendlich benachbarte Tangenten von p_1 , also wird

$$r_1 = \frac{\mathfrak{M}\mathfrak{N}}{\sphericalangle \mathfrak{Q}\mathfrak{M}\mathfrak{N}}.$$

Beschränken wir uns nun auf unendlich kleine Größen erster Ordnung, so ist im Dreieck $\mathfrak{N}\mathfrak{S}\mathfrak{N}$ der Winkel bei \mathfrak{N} gleich dem Winkel $\mathfrak{Q}\mathfrak{M}\mathfrak{N} = \frac{1}{2}(d\vartheta - d\tau)$ und der Winkel bei \mathfrak{S} gleich $\sphericalangle \mathfrak{Q}\mathfrak{N}\mathfrak{P}'' + \frac{d\vartheta}{2} + d\tau = \frac{1}{2}(2d\vartheta + 3d\tau)$, folglich

$$\mathfrak{N}\mathfrak{N} = ds \frac{3d\vartheta + 2d\tau}{d\vartheta - d\tau}$$

und

$$\mathfrak{M}\mathfrak{N} = \mathfrak{N}\mathfrak{N} - \mathfrak{S}\mathfrak{N} = \frac{2dsd\vartheta}{d\vartheta - d\tau}.$$

Hieraus ergibt sich

$$r_1 = \frac{4dsd\vartheta}{(d\vartheta - d\tau)^2} \quad (41)$$

oder in Folge der Gleichungen (10)

$$r_1 = \frac{4y_1^3}{y_2^2}. \quad (42)$$

Beschreibt demnach der Punkt \mathfrak{P} eine Spitze vom Krümmungsradius Null, so hat die Curve p_1 in \mathfrak{P} einen gewöhnlichen Punkt mit endlichem Krümmungsradius r_1 . Besitzt dagegen die Curve p in \mathfrak{P} eine Schnabelspitze mit endlichem Krümmungsradius $\mathfrak{P}\mathfrak{M}$, so ist \mathfrak{M} ein Wendepunkt der Evolute p_1 und $r_1 = \infty$.

Mit Hülfe der Gleichung (41) finden wir leicht die Krümmungsradien für die folgenden Evoluten $p_2 p_3 \dots$ der Curve p ; wir wollen jedoch hierauf nicht weiter eingehen.

II. Anwendungen auf das Gelenkviereck.

§. 10. Die Wendepole W_1, W_2, W_3 und der Ball'sche Punkt K für eine beliebige Koppellage.

Wir machen von den bisher entwickelten Sätzen eine Anwendung auf den speciellen Fall, dass zwei Systempunkte A und B gezwungen sind, sich auf Kreisen bzw. um die Punkte A und B zu bewegen. Dann bilden die Punkte A, B, B, A ein Gelenkviereck mit dem festen

Gliede AB ; das gegenüberliegende Glied $A'B'$ wird als die *Koppel* und die mit AB verbundene Systemebene S als die *Koppelebene* des Gelenkvierecks bezeichnet.

Für die in Fig. 6 dargestellte Koppellage erhalten wir den Pol als den Schnittpunkt \mathfrak{P} der Geraden AA' und BB' . Bestimmen wir ferner auf $\mathfrak{P}A$ und $\mathfrak{P}B$ bzw. die Punkte A_w, B_w zufolge den Gleichungen

$$\frac{1}{\mathfrak{P}A_w} = \frac{1}{\mathfrak{P}A} - \frac{1}{\mathfrak{P}A'}, \quad \frac{1}{\mathfrak{P}B_w} = \frac{1}{\mathfrak{P}B} - \frac{1}{\mathfrak{P}B'}$$

so geht durch \mathfrak{P}, A_w, B_w der Wendekreis w_1 . Demnach ergibt sich für jede Systemlage, deren Pol nicht unendlich fern liegt, ein endlicher Wendekreis w_1 ; jede solche Systemlage genügt also der bisher gemachten Voraussetzung, dass der Quotient $\frac{ds}{d\vartheta}$ endlich und von Null verschieden sei.

Sind \mathfrak{H} und \mathfrak{G} bzw. die Schnittpunkte von AB mit $A'B'$ und mit der Parallelen zu dieser Geraden durch \mathfrak{P} , so liegen die Punkte A_w

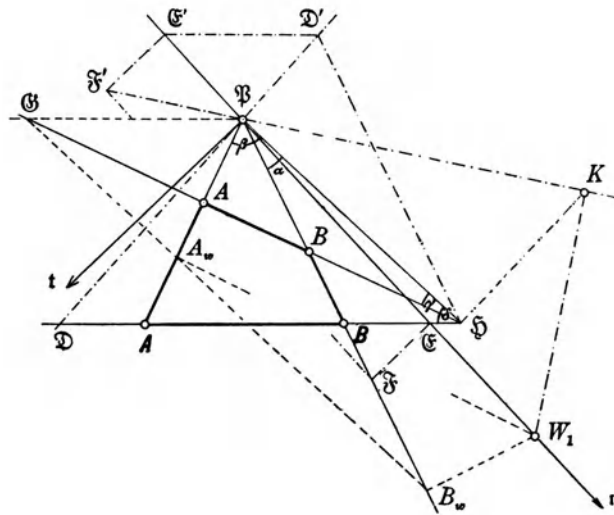
und B_w auf der Parallelen durch \mathfrak{G} zu $\mathfrak{P}\mathfrak{H}$. Die Lothe in A_w und B_w bzw. zu $\mathfrak{P}A$ und $\mathfrak{P}B$ schneiden sich im ersten Wendepol W_1 .

Nach den in §. 1 getroffenen Festsetzungen geht durch W_1 die positive Polbahnnormale n . Nehmen wir an, die Koppelebene drehe sich momentan um \mathfrak{P} im Sinne des Uhrzeigers, so haben wir unter positiver Polbahntangente denjenigen durch \mathfrak{P} gehenden Strahl t zu verstehen, für welchen der Winkel $n\mathfrak{P}t$, in dem angegebenen Sinne gelesen, gleich 90° ist. Wir setzen ferner $\mathfrak{P}A = r, \mathfrak{P}A' = \varrho, \mathfrak{P}B = r', \mathfrak{P}B' = \varrho'$ und — in Uebereinstimmung mit §. 7 — $\angle A\mathfrak{P}t = \varphi, \angle B\mathfrak{P}t = \varphi'$; dann ergibt sich aus Gleichung (27), indem wir r, ϱ, η_1 bzw. mit ϱ, r, γ_1 vertauschen,

$$\mathfrak{P}W_1 = \gamma_1 = \frac{\varrho r}{(\varrho - r) \sin \varphi} = \frac{\varrho' r'}{(\varrho' - r') \sin \varphi'}$$

Bezeichnen wir die Strecke $\mathfrak{P}\mathfrak{H}$ mit h , die Winkel $\mathfrak{H}\mathfrak{P}B, \mathfrak{H}\mathfrak{P}A, A\mathfrak{H}\mathfrak{P}, A'\mathfrak{H}\mathfrak{P}$ bzw. mit $\alpha, \beta, \gamma, \delta$, so ist $\varphi = \alpha, \varphi' = \beta$, und aus der Figur folgt

Fig. 6.



$$\begin{aligned}
r &= h \frac{\sin \gamma}{\sin(\beta + \gamma)} & r' &= h \frac{\sin \gamma}{\sin(\alpha + \gamma)} \\
\varrho &= h \frac{\sin \delta}{\sin(\beta + \delta)} & \varrho' &= h \frac{\sin \delta}{\sin(\alpha + \delta)} \\
\varrho - r &= h \frac{\sin \beta \sin(\delta - \gamma)}{\sin(\beta + \gamma) \sin(\beta + \delta)} & \varrho' - r' &= h \frac{\sin \alpha \sin(\delta - \gamma)}{\sin(\alpha + \gamma) \sin(\alpha + \delta)};
\end{aligned}$$

demnach geht die Gleichung für y_1 über in

$$y_1 = h \frac{\sin \gamma \sin \delta}{\sin \alpha \sin \beta \sin(\delta - \gamma)}. \quad (43)$$

Schreiben wir noch zur Abkürzung

$$\frac{h \sin \delta}{\sin(\alpha + \delta) \sin(\beta + \delta)} = m,$$

so erhalten wir aus den Gleichungen für ϱ und ϱ' beiläufig die folgenden Formeln, von denen wir später wiederholt Gebrauch machen werden:

$$\left. \begin{aligned}
\varrho \varrho' &= m h \sin \delta \\
\varrho \cos \beta - \varrho' \cos \alpha &= m \sin(\alpha - \beta) \cos \delta \\
\varrho \sin \beta - \varrho' \sin \alpha &= -m \sin(\alpha - \beta) \sin \delta \\
\varrho \sin \alpha - \varrho' \sin \beta &= m \sin(\alpha - \beta) \sin(\alpha + \beta + \delta) \\
\varrho \cos \alpha - \varrho' \cos \beta &= m \sin(\alpha - \beta) \cos(\alpha + \beta + \delta) \\
\varrho^2 - \varrho'^2 &= m^2 \sin(\alpha - \beta) \sin(\alpha + \beta + 2\delta).
\end{aligned} \right\} \quad (44)$$

Für die Coordinaten der übrigen Wendepole gelten die in §. 8 abgeleiteten Gleichungen, wenn wir in diesen ξ_k, η_k durch x_k, y_k und r, ϱ, φ durch ϱ, r, α oder durch ϱ', r', β ersetzen. Auf diese Weise finden wir zunächst aus (36) für den Punkt W_2 die Gleichungen

$$\left. \begin{aligned}
\varrho (x_2 \sin \alpha - y_2 \cos \alpha) &= 3 y_1^2 \sin \alpha \cos \alpha \\
\varrho' (x_2 \sin \beta - y_2 \cos \beta) &= 3 y_1^2 \sin \beta \cos \beta.
\end{aligned} \right\} \quad (45)$$

Hieraus folgt

$$\begin{aligned}
\varrho \varrho' y_2 \sin(\alpha - \beta) &= -3 y_1^2 \sin \alpha \sin \beta (\varrho \cos \beta - \varrho' \cos \alpha) \\
\varrho \varrho' x_2 \sin(\alpha - \beta) &= -3 y_1^2 \cos \alpha \cos \beta (\varrho \sin \beta - \varrho' \sin \alpha),
\end{aligned}$$

oder nach (44)

$$\left. \begin{aligned}
y_2 &= -3 \frac{y_1^2 \sin \alpha \sin \beta \cos \delta}{h \sin \delta} = -3 y_1 \frac{\sin \gamma \cos \delta}{\sin(\delta - \gamma)} \\
x_2 &= 3 \frac{y_1^2}{h} \cos \alpha \cos \beta = 3 y_1 \frac{\cos \alpha \cos \beta \sin \gamma \sin \delta}{\sin \alpha \sin \beta \sin(\delta - \gamma)}.
\end{aligned} \right\} \quad (46)$$

Aus diesen Formeln ergibt sich eine einfache Construction für den *Ball'schen Punkt* K der betrachteten Systemlage. Nach §. 6, I liegt K auf der Geraden $\mathfrak{B}W_2$; verstehen wir also unter χ den Winkel $K\mathfrak{B}t$, so ist

$$\tan \chi = \frac{y_2}{x_2} = - \frac{\tan \alpha \tan \beta}{\tan \delta}. \quad (47)$$

Wir errichten demnach in \mathfrak{P} zu $\mathfrak{P}\mathfrak{H}$ ein Loth, welches die Gerade AB in \mathfrak{D} , die Parallele durch \mathfrak{H} zu $\mathfrak{P}\mathfrak{B}$ in \mathfrak{D}' schneidet, legen durch \mathfrak{D} und \mathfrak{D}' in beliebiger Richtung zwei Parallelen und bestimmen deren Schnittpunkte \mathfrak{E} und \mathfrak{E}' mit n . (In Fig. 6 fällt $\mathfrak{D}\mathfrak{E}$ zusammen mit AB .) Ziehen wir dann $\mathfrak{E}\mathfrak{F}$ parallel zu t bis $\mathfrak{P}\mathfrak{B}$, $\mathfrak{F}\mathfrak{F}'$ parallel zu n und $\mathfrak{E}'\mathfrak{F}'$ parallel zu t , so finden wir K als Fusspunkt des Lothes von W_1 auf $\mathfrak{P}\mathfrak{F}'$. Denn bezeichnen wir mit ι den Winkel $t\mathfrak{P}\mathfrak{F}'$, so ist

$$\frac{\tan \iota}{\tan \beta} = \frac{\mathfrak{P}\mathfrak{E}'}{\mathfrak{P}\mathfrak{E}} = \frac{\mathfrak{P}\mathfrak{D}'}{\mathfrak{P}\mathfrak{D}} = \frac{\tan \alpha}{\tan \delta},$$

also

$$\tan \chi = -\tan \iota = -\frac{\tan \alpha \tan \beta}{\tan \delta}.$$

Um ferner die Coordinaten von W_3 zu ermitteln, setzen wir zur Abkürzung

$$y_1 \varrho \{ 3 y_1 (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) + 4 x_2 \cos \alpha \sin \alpha + 4 y_2 \sin^2 \alpha \} \\ + 3 y_1^2 \sin \alpha = -\mathfrak{I}$$

und verstehen unter \mathfrak{I}' den Ausdruck, in welchen \mathfrak{I} sich verwandelt, wenn wir ϱ, α bezw. mit ϱ', β vertauschen. Dann folgt aus (37)

$$\left. \begin{aligned} \varrho^2 \{ x_3 \cos \alpha + (y_3 - y_1) \sin \alpha \} &= \mathfrak{I} \\ \varrho'^2 \{ x_3 \cos \beta + (y_3 - y_1) \sin \beta \} &= \mathfrak{I}', \end{aligned} \right\} \quad (48)$$

also

$$\left. \begin{aligned} \varrho^2 \varrho'^2 x_3 \sin(\alpha - \beta) &= -\mathfrak{I} \varrho'^2 \sin \beta + \mathfrak{I}' \varrho^2 \sin \alpha \\ \varrho^2 \varrho'^2 y_3 \sin(\alpha - \beta) &= \mathfrak{I} \varrho'^2 \cos \beta - \mathfrak{I}' \varrho^2 \cos \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (48')$$

Ausführlich geschrieben lautet die erste dieser Gleichungen:

$$\varrho^2 \varrho'^2 x_3 \sin(\alpha - \beta) = 3 y_1^2 \varrho \varrho' \{ 2 \sin \alpha \sin \beta (\varrho \sin \beta - \varrho' \sin \alpha) - (\varrho \sin \alpha - \varrho' \sin \beta) \} \\ - 4 y_1 x_2 \varrho \varrho' \sin \alpha \sin \beta (\varrho \cos \beta - \varrho' \cos \alpha) \\ - 4 y_1 y_2 \varrho \varrho' \sin \alpha \sin \beta (\varrho \sin \beta - \varrho' \sin \alpha) - 3 y_1^3 \sin \alpha \sin \beta (\varrho^2 - \varrho'^2),$$

und hieraus ergibt sich mit Rücksicht auf (43), (44) und (46)

$$x_3 = -3 y_1 \frac{\sin \gamma \sin \delta}{\sin \alpha \sin \beta \sin^2(\delta - \gamma)} \{ \sin(\alpha + \beta) \cos(\gamma + \delta) \\ + \cos(\alpha - \beta) \sin(\gamma + \delta) + 4 \cos \alpha \cos \beta \sin \gamma \cos \delta \}. \quad (49)$$

Wir unterlassen die Berechnung des entsprechenden Werthes von y_3 , da dieser im Folgenden nicht weiter gebraucht wird.

Mit Hülfe der Coordinaten $y_1, x_2, y_2, x_3 \dots$ können wir nun leicht die Bedingungen angeben, denen die in Fig. 6 dargestellte Koppellage genügen muss, wenn mit Bezug auf die augenblicklich erzeugten Bahnelemente, oder etwa hinsichtlich der Rollcurven einer der in §. 6 behandelten Sonderfälle eintreten soll. Würden wir z. B. fordern, dass die Polbahn in \mathfrak{P} einen Inflexionspunkt besitzt, so müsste nach §. 6, III $W_1 W_2$ auf $\mathfrak{P} W_1$ senkrecht, d. h. $y_2 = y_1$ sein, und dies führt nach (46) zu der Bedingung

$$\tan \delta = -2 \tan \gamma.$$

Wir haben bisher immer angenommen, dass \mathfrak{P} ein endlicher Punkt sei; die unter dieser Voraussetzung abgeleiteten Formeln können aber durch einen einfachen Grenzübergang auch auf den Fall ausgedehnt werden, wo \mathfrak{P} unendlich fern liegt¹⁾. Bei den folgenden Betrachtungen sollen vorläufig nur solche specielle Koppellagen ausgeschlossen werden, in die ein durchschlagendes Gelenkviereck gelangt, wenn alle vier Seiten in eine einzige Gerade zusammenfallen; wir werden solche Todtlagen zum Schlusse besonders untersuchen.

Wir beginnen mit der Ermittlung derjenigen Systemlagen, bei denen die Bahncurve des Ball'schen Punktes mit ihrer Tangente eine mehr als vierpunktige Berührung hat — eine Frage, die mit dem Problem der angenäherten Geradföhrung unmittelbar zusammenhängt.

§. 11. Der Ball'sche Punkt hat eine fünfpunktig berührende Tangente.

Nach §. 6, I bleibt der Ball'sche Punkt K in fünf unendlich benachbarten Lagen auf der Geraden W_1K , wenn für die betrachtete Koppellage W_1W_3 auf $\mathfrak{P}W_2$ senkrecht steht, d. h. wenn

$$y_2(y_3 - y_1) + x_2x_3 = 0$$

ist. Mit Rücksicht auf die Gleichungen (48') erhalten wir hieraus die Bedingung

$$\mathfrak{T} \varrho'^2 (y_2 \cos \beta - x_2 \sin \beta) - \mathfrak{T}' \varrho^2 (y_2 \cos \alpha - x_2 \sin \alpha) = 0$$

oder nach (45)

$$\mathfrak{T} \varrho' \sin \beta \cos \beta - \mathfrak{T}' \varrho \sin \alpha \cos \alpha = 0,$$

oder ausführlich geschrieben

$$\varrho \varrho' \sin(\alpha - \beta) \{3y_1 \cos(\alpha - \beta) - 4y_2 \sin \alpha \sin \beta\} + 3y_1^2 \sin \alpha \sin \beta (\varrho \cos \alpha - \varrho' \cos \beta) = 0.$$

Setzen wir hier für $\varrho \varrho'$, $\varrho \cos \alpha - \varrho' \cos \beta$, y_1 , y_2 die früheren Werthe, so ergibt sich nach einfacher Rechnung

$$\cos(\alpha - \beta) \sin(\gamma + \delta) - \sin \gamma \cos(\alpha + \beta - \delta) = 0 \quad (50)$$

oder

$$2 \cot \delta = \cot \alpha + \cot \beta - \cot \gamma (1 + \cot \alpha \cot \beta) \quad (50')$$

als Bedingung dafür, dass ein gewisser Punkt K der Koppellebene momentan eine Bahnstelle mit fünfpunktiger Tangente beschreibt.

Wir haben die Gleichung (50') in anderer Weise bereits früher abgeleitet²⁾; damals ist auch die Construction des Vierecks $ABBA$, bei welchem die Winkel α , β , γ , δ der letzten Gleichung genügen, ausführlich behandelt worden.

¹⁾ Construction der Burmester'schen Punkte u. s. w.; zweite Mittheilung, S. 145.

²⁾ Daselbst, S. 129.

Die Gerade W_1K hat für die Bahncurve κ des Punktes K den Charakter einer Inflexionstangente, die sich so innig an die Curve anschmiegt, dass auch innerhalb *endlicher* Grenzen der Punkt K sich auf dieser Geraden zu bewegen scheint; wir sagen deshalb, das *Gelenkviereck* $ABBA$ bewirkt eine *funfpunktige Geradföhrung des Punktes K auf der Geraden W_1K* . In der unmittelbaren Umgebung von K befinden sich unendlich viele Systempunkte, deren Bahncurven drei dicht auf einander folgende Wendepunkte haben und darum gleichfalls eine auffällig gestreckte Gestalt besitzen ¹⁾.

Fügen wir der Gleichung (50) noch die Bedingung hinzu, dass die vier Seiten des Vierecks $ABBA$ von gegebener Grösse sein sollen, so erhalten wir fünf Gleichungen zur Bestimmung der fünf Unbekannten $h, \alpha, \beta, \gamma, \delta$. Bei *jedem* Gelenkviereck giebt es daher eine bestimmte Anzahl von Koppellagen, in denen der zugehörige Ball'sche Punkt eine Bahnstelle mit funfpunktig berührender Tangente durchläuft.

Genügen die Winkel $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ der Gleichung (50), so geht Gleichung (49) über in

$$x_3 = -3y_1 \frac{\sin \gamma \sin \delta \cos \delta}{\sin \alpha \sin \beta \sin^2(\delta - \gamma)} \{ \sin(\alpha + \beta + \gamma) + 4 \cos \alpha \cos \beta \sin \gamma \}. \quad (51)$$

§. 12. Sechspunktige Geradföhrung ²⁾.

Soll die Curve κ mit der Geraden W_1K *sechs* unendlich benachbarte Punkte gemein haben, so muss nach §. 6, I W_1W_3 auf $\Re W_2$ senkrecht stehen, und es muss überdies W_4 auf der Geraden $\Re W_2$ liegen; es besteht also neben der Gleichung (50) noch die Beziehung

$$x_2y_4 - x_4y_2 = 0. \quad (52)$$

Dabei dient zur Bestimmung von x_4, y_4 die Gleichung (38), in welcher $r, \varphi, \xi_4, \eta_4 \dots$ mit $\varrho, \alpha, x_4, y_4 \dots$ zu vertauschen sind. Setzen wir

$$y_1 \varrho \{ (2x_3 + 10x_2) \cos^2 \alpha - (3y_3 - 16y_2 + 12y_1) \cos \alpha \sin \alpha + (5x_3 - 6x_2) \sin^2 \alpha \} + y_1^2 \{ (-2y_2 + 6y_1) \cos^3 \alpha + 20x_2 \cos^2 \alpha \sin \alpha + (6y_2 + 12y_1) \cos \alpha \sin^2 \alpha + 12x_2 \sin^3 \alpha \} = -\mathfrak{U}$$

und bilden in analoger Weise durch Vertauschung von ϱ, α mit ϱ', β den Ausdruck \mathfrak{U}' , so folgt aus (38)

$$\begin{aligned} \varrho^2(x_4 \sin \alpha - y_4 \cos \alpha) &= \mathfrak{U} \\ \varrho'^2(x_4 \sin \beta - y_4 \cos \beta) &= \mathfrak{U}', \end{aligned}$$

also

¹⁾ Vergl. auch L. Allievi, *cinematica della biella piana*, Napoli 1895. Dasselbst wird die Aufgabe der funfpunktigen Geradföhrung für alle diejenigen Koppellagen gelöst, bei denen die Kreispunktcurve in irgend einer Weise ausartet.

²⁾ Ueber die angenäherte Geradföhrung durch das ebene Gelenkviereck. Nachrichten der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen 1897, Heft 1.

$$\begin{aligned} \varrho^2 \varrho'^2 x_4 \sin(\alpha - \beta) &= \mathfrak{U} \varrho'^2 \cos \beta - \mathfrak{U}' \varrho^2 \cos \alpha \\ \varrho^2 \varrho'^2 y_4 \sin(\alpha - \beta) &= \mathfrak{U} \varrho'^2 \sin \beta - \mathfrak{U}' \varrho^2 \sin \alpha, \end{aligned}$$

und dann geht Gleichung (52) über in

$$\mathfrak{U} \varrho'^2 (x_2 \sin \beta - y_2 \cos \beta) - \mathfrak{U}' \varrho^2 (x_2 \sin \alpha - y_2 \cos \alpha) = 0$$

oder nach (45)

$$\mathfrak{U} \varrho' \sin \beta \cos \beta - \mathfrak{U}' \varrho \sin \alpha \cos \alpha = 0.$$

Schreiben wir hier für \mathfrak{U} und \mathfrak{U}' die ursprünglichen Ausdrücke, so verschwinden die Glieder mit y_3 und jedes der übrig bleibenden Glieder ist behaftet mit einem der Factoren $\varrho \varrho'$, $\varrho \cos \beta - \varrho' \cos \alpha$, $\varrho \sin \beta - \varrho' \sin \alpha$, $\varrho \cos \alpha - \varrho' \cos \beta$, $\varrho \sin \alpha - \varrho' \sin \beta$. Setzen wir für diese, sowie für y_1, y_2, x_2, x_3 wieder die früher gefundenen Werthe, so erhalten wir die Gleichung

$$19 \cot \alpha \cot \beta \cot \delta - 5 \cot \delta + 5 \cot \gamma \cot \delta (\cot \alpha + \cot \beta) + 2 \cot \alpha \cot \beta \cot \gamma (1 + 6 \cot \alpha \cot \beta) - 12 \cot \alpha \cot \beta (\cot \alpha + \cot \beta) = 0.$$

Die linke Seite lässt sich aber umgestalten in

$$(12 \cot \alpha \cot \beta - 5) \{2 \cot \delta - (\cot \alpha + \cot \beta) + \cot \gamma (1 + \cot \alpha \cot \beta)\} + 5 \{(1 - \cot \alpha \cot \beta) (\cot \gamma + \cot \delta) - (\cot \alpha + \cot \beta) (1 - \cot \gamma \cot \delta)\},$$

und da nach Gleichung (50') das erste Glied verschwindet, so folgt

$$(1 - \cot \alpha \cot \beta) (\cot \gamma + \cot \delta) - (\cot \alpha + \cot \beta) (1 - \cot \gamma \cot \delta) = 0 \quad (53)$$

oder

$$\cos(\alpha + \beta) \sin(\gamma + \delta) - \sin(\alpha + \beta) \cos(\gamma + \delta) = 0,$$

d. h.

$$\sin(\gamma + \delta - \alpha - \beta) = 0.$$

Es ist also entweder

$$\gamma + \delta = \alpha + \beta \quad (54)$$

oder

$$\gamma + \delta = 180^\circ + \alpha + \beta. \quad (54')$$

In beiden Fällen verwandelt sich Gleichung (50) in

$$\sin 2\gamma = \sin 2\alpha + \sin 2\beta; \quad (55)$$

die Annahme (54') liefert demnach keine neue Lösung, und die Gleichungen (54) und (55) bilden die nothwendige und hinreichende Bedingung dafür, dass in der betrachteten Systemlage der Ball'sche Punkt eine Bahnstelle mit sechspunktig berührender Tangente durchläuft.

Die Curve, die irgend ein Punkt der Koppalebene beschreibt, ist bekanntlich von der sechsten Ordnung und kann deshalb mit keiner ihrer Tangenten mehr als sechs unendlich benachbarte Punkte gemein haben. Vom rein theoretischen Standpunkte aus betrachtet ist also die soeben ermittelte sechspunktige Geradföhrung die vollkommenste, die überhaupt mit Hülfe des Gelenkvierecks erreicht werden kann. — Aus unseren Darlegungen folgt ferner, dass es ∞^3 Gelenkvierecke giebt, die eine sechspunktige Geradföhrung bewirken.

§. 13. Fortsetzung.

Der geradeführte Punkt liegt auf der Koppelgeraden.

Wir fragen zunächst nach der Bedingung, welcher in Fig. 6 die Winkel $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ genügen müssen, wenn der dort construirte Punkt K auf die Koppelgerade AB fallen soll. Bezeichnen wir den Winkel $K\mathfrak{B}$ wie früher mit χ , den Winkel $A\mathfrak{H}K$ mit λ , so folgt aus dem Dreieck $\mathfrak{B}\mathfrak{H}K$:

$$\frac{\mathfrak{B}K}{\mathfrak{B}\mathfrak{H}} = \frac{\sin(\lambda - \gamma)}{\sin(\chi - \alpha - \beta + \lambda - \gamma)};$$

dabei ist $\mathfrak{B}K = \mathfrak{B}W_1 \cdot \sin \chi$, oder nach (43):

$$\mathfrak{B}K = \mathfrak{B}\mathfrak{H} \cdot \frac{\sin \gamma \sin \delta \sin \chi}{\sin \alpha \sin \beta \sin(\delta - \gamma)}.$$

Liegt K auf AB , so wird $\lambda = 0$ (oder $= 180^\circ$), und dann geht die erste Gleichung über in

$$\begin{aligned} \sin \delta \sin \chi \sin(\alpha + \beta + \gamma - \chi) + \sin \alpha \sin \beta \sin(\gamma - \delta) &= 0 \\ \text{oder} \quad \tan \chi \{ \cot \alpha \cot \beta - 1 + \cot \gamma (\cot \alpha + \cot \beta) \} \\ &\quad - \tan^2 \chi \{ \cot \gamma (\cot \alpha \cot \beta - 1) - \cot \alpha + \cot \beta \} \\ &\quad + (\cot \delta - \cot \gamma) (1 + \tan^2 \chi) = 0, \end{aligned}$$

oder nach (47):

$$\begin{aligned} - \cot \alpha \cot \beta \cot \delta \{ \cot \alpha \cot \beta - 1 + \cot \gamma (\cot \alpha + \cot \beta) \} \\ - \cot^2 \delta \{ \cot \gamma (\cot \alpha \cot \beta - 1) - (\cot \alpha + \cot \beta) \} \\ + (\cot \delta - \cot \gamma) (\cot^2 \alpha \cot^2 \beta + \cot^2 \delta) = 0, \end{aligned}$$

d. h.

$$(\cot \delta + \cot \alpha) (\cot \delta + \cot \beta) (\cot \delta - \cot \alpha \cot \beta \cot \gamma) = 0.$$

Dieser Gleichung wird zunächst genügt durch $\cot \delta = -\cot \alpha$, d. h. durch $\delta = -\alpha$. Dann ist aber $\mathfrak{B}B$ parallel zu $\mathfrak{H}B$, also B unendlich fern — ein Fall, der hier nicht weiter in Betracht kommt. Das Entsprechende gilt von der Annahme $\cot \delta = -\cot \beta$, und es bleibt demnach nur übrig, dass der dritte Factor verschwindet. Besteht also zwischen den Winkeln $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ die Gleichung

$$\cot \delta = \cot \alpha \cot \beta \cot \gamma, \tag{56}$$

so befindet sich der Ball'sche Punkt der betrachteten Systemlage auf der Koppelgeraden AB . Dann ist nach (47):

$$\tan \chi = -\cot \gamma,$$

und wir erhalten zur Bestimmung des Punktes K die einfache Beziehung:

$$\chi = 90^\circ + \gamma. \tag{57}$$

Fordern wir nun ausserdem, dass der Punkt K momentan eine Bahnstelle mit sechspunktig berührender Tangente beschreiben soll, so gelten gleichzeitig die Gleichungen (50'), (53) und (56); aus diesen ergibt sich durch Elimination von $\cot \gamma$ und $\cot \delta$:

$$(\cot \alpha - \cot \beta)^2 - 3(1 + \cot \alpha \cot \beta)^2 = 0,$$

d. h.

$$\tan(\beta - \alpha) = \pm \sqrt{3};$$

es ist also entweder

$$\beta = \alpha + 60^\circ \quad (58)$$

oder

$$\beta = \alpha - 60^\circ. \quad (58')$$

Für $\beta = \alpha + 60^\circ$ wird nach Gleichung (55)

$$\sin 2\gamma = \sin 2\alpha + \sin(2\alpha + 120^\circ) = \sin(60^\circ + 2\alpha),$$

und hieraus folgt entweder $\gamma = 30^\circ + \alpha$ oder $\gamma = 60^\circ - \alpha$. Die erste Annahme ist unbrauchbar, denn sie führt nach Gleichung (54) zu $\delta = \gamma$, wonach A mit A , B mit B zusammenfallen würde. Nehmen wir dagegen

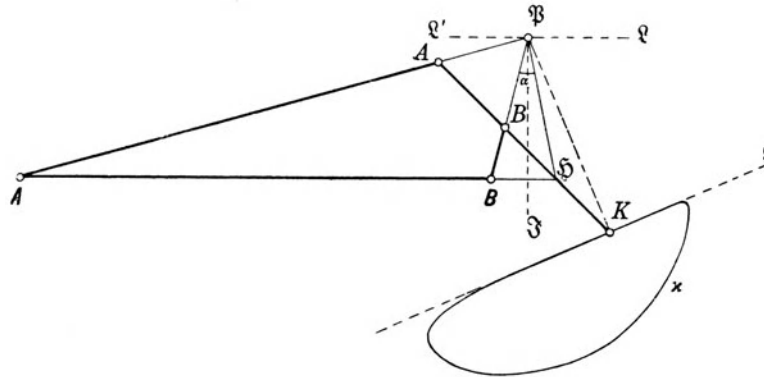
$$\gamma = 60^\circ - \alpha, \quad (59)$$

so finden wir aus (54):

$$\delta = 3\alpha. \quad (60)$$

Die Annahme (58') enthält keine neue Lösung, sie liefert vielmehr für irgend einen Werth $\alpha = \alpha_1$ genau dasselbe Viereck, wie die Gleichung

Fig. 7.



chungen (58) bis (60) für $\alpha = -\alpha_1$. — Es giebt demnach ∞^2 Gelenkvierecke, welche die sechspunktige Geradföhrung eines auf der Koppelgeraden liegenden Punktes bewirken. In Fig. 7 ist ein solches Viereck dargestellt; dabei haben wir die Strecke $\mathfrak{P}\mathfrak{S}$, sowie den Winkel $\mathfrak{S}\mathfrak{P}B = \alpha$ beliebig gewöhlt und $\angle \mathfrak{S}\mathfrak{P}A = 60^\circ + \alpha$, $\angle A\mathfrak{S}\mathfrak{P} = 60^\circ - \alpha$, $\angle A\mathfrak{S}\mathfrak{P} = 3\alpha$ gemacht. Dann erhalten wir den Punkt K zufolge der Gleichung:

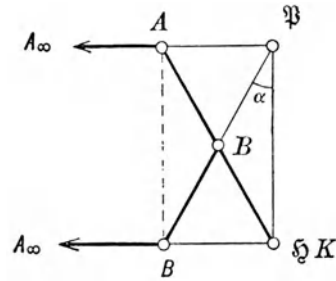
$$\angle K\mathfrak{P}\mathfrak{S} = \chi - (\alpha + \beta) = 90^\circ + \gamma - (\alpha + \beta) = 90^\circ - 3\alpha = 90^\circ - \delta;$$

fallen wir also von \mathfrak{P} auf AB das Loth $\mathfrak{P}\mathfrak{Z}$ und ziehen durch \mathfrak{P} eine Gerade, die mit $\mathfrak{P}\mathfrak{S}$ den Winkel $\mathfrak{S}\mathfrak{P}\mathfrak{Z}$ einschliesst, so schneidet diese AB in K . Die zugehörige Bahncurve x hat in K eine sechspunktig berührende Tangente g senkrecht zu $\mathfrak{P}K$. (Die Curve x ist symmetrisch in Bezug auf AB ; in Fig. 7 ist sie nur zur Hälfte gezeichnet.)

Im Dreieck $AB\mathfrak{P}$ ist der Winkel bei \mathfrak{P} gleich 60° und der Winkel bei B gleich $\alpha + \gamma$, also auch gleich 60° ; das Dreieck ist demnach gleichseitig. D. h.: *In jeder Systemlage, in welcher ein Punkt der Koppelgeraden eine Bahnstelle mit sechspunktig berührender Tangente durchläuft, bilden die drei beweglichen Glieder des Vierecks — oder deren Verlängerungen — ein gleichseitiges Dreieck.*

Fig. 8 stellt denjenigen Sonderfall dar, der sich ergibt, wenn $\alpha = 30^\circ$ gewählt wird. Dann ist $\beta = 90^\circ$, $\gamma = 30^\circ$, $\delta = 90^\circ$, $\angle K\mathfrak{P}\mathfrak{S} = 0$, es wird also K identisch mit \mathfrak{S} , $AB = BB = BK$, $AA = AB = \infty$, und wir erhalten die bekannte *genaue Geradföhrung durch das gleichschenklige Schubkurbelgetriebe*, bei welcher sich der Punkt A auf der Geraden BA und der Punkt K auf der Geraden $B\mathfrak{S}$ senkrecht zu BA bewegt. Zu demselben Ergebniss gelangen wir auch durch die Annahme $\alpha = 90^\circ$. — Wir schliessen hieraus, dass auch im allgemeinen Falle (Fig. 7) *die*

Fig. 8.



Wir schliessen hieraus, dass auch im allgemeinen Falle (Fig. 7) *die*

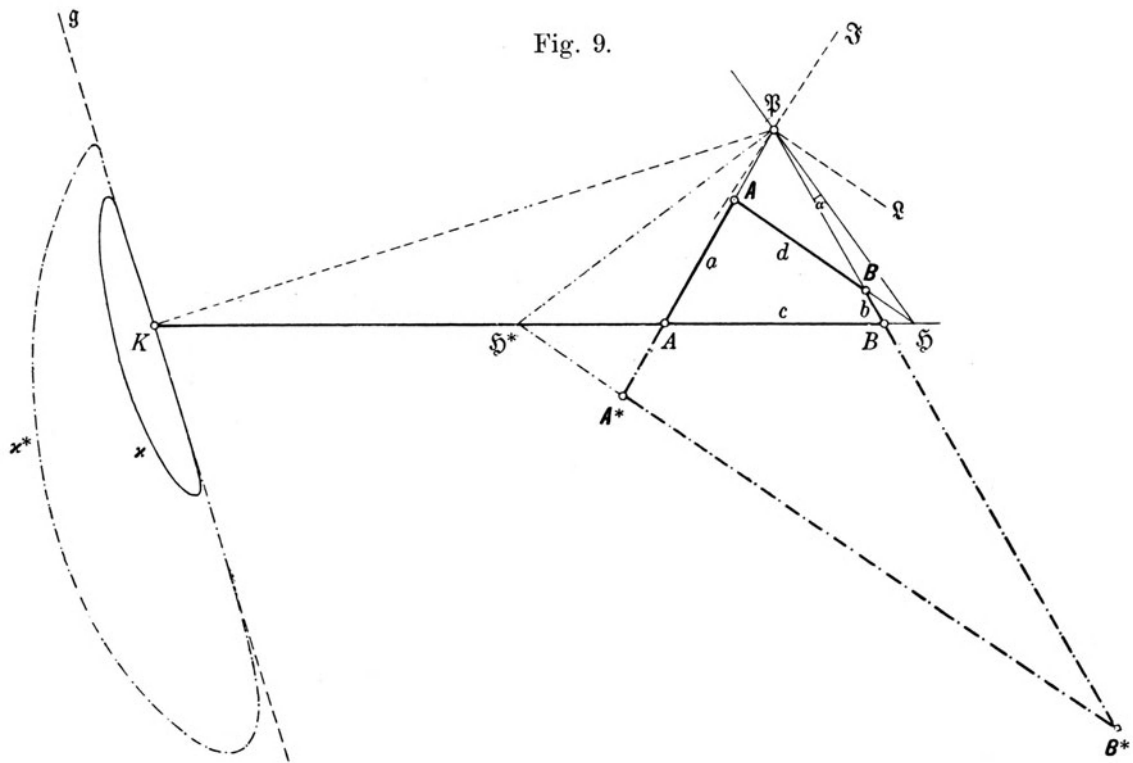


Fig. 9.

Annäherung der Curve x an die Gerade g um so vollkommener sein wird, je grosser die Differenz der beiden Arme des Gelenkvierecks ist, wenn gleichzeitig die Koppel und der kleinere Arm einander nahezu gleich sind.

Ziehen wir in Fig. 7 durch \mathfrak{P} die Gerade $\mathfrak{L}\mathfrak{L}'$ parallel zu $\mathfrak{S}A$, so

ist $\angle B\wp\wp' = \angle \wp\wp\wp' - \angle \wp\wp B = 180^\circ - \delta - \alpha = 2(90^\circ - 2\alpha) = 2 \cdot \angle K\wp B$, und ebenso $\angle A\wp\wp' = 2 \cdot \angle K\wp A$. Diese Bemerkung dient zur Lösung der Aufgabe: *Auf einer Geraden sind drei Punkte A, B, K gegeben. An die Strecke AB als Koppel soll ein Gelenkviereck angeschlossen werden, welches die sechspunktige Geradföhrung des Punktes K bewirkt* (Fig. 9, a. v. S.). Um ein solches Viereck zu bestimmen, zeichnen wir über AB das gleichseitige Dreieck $AB\wp$, machen $\angle \wp\wp A = 2 \cdot \angle A\wp K$, errichten in \wp zu $\wp\wp$ das Loth $\wp\wp'$ und bestimmen den Schnittpunkt \wp' der Geraden AB mit der Halbirungslinie des Winkels $K\wp\wp$. Durch den Punkt \wp' ziehen wir zu $\wp\wp$ eine Parallele; diese trifft die Geraden $\wp A$ und $\wp B$ bzw. in A und B . Dann ist $ABBA$ das gesuchte Gelenkviereck, und zwar ist es gerade in derjenigen Systemlage gezeichnet, in welcher der Punkt K eine Bahnstelle mit sechspunktig berührender Tangente durchläuft. — Halbiren wir statt des Winkels $K\wp\wp$ dessen Nebenwinkel durch die Gerade $\wp\wp^*$ und ziehen durch ihren Schnittpunkt \wp'^* mit der Geraden AK eine Parallele zu $\wp\wp$, so entsteht das Viereck A^*B^*AB ; die gestellte Aufgabe hat also zwei Lösungen.

Ist $KA = AB$, so erhalten wir einerseits das ausgeartete Viereck der Fig. 8; dagegen versagt unsere Construction bei der Bestimmung des zweiten Vierecks, das der Aufgabe gleichfalls genügt. Wir kommen auf diesen Sonderfall weiter unten wieder zurück.

§. 14. Fortsetzung.

Gleichungen zwischen den Seiten eines Gelenkvierecks, welches die sechspunktige Geradföhrung eines auf der Koppelgeraden liegenden Punktes bewirkt.

In Fig. 9 sind A, B, \wp drei in einer Geraden liegende Punkte auf den Seiten des gleichseitigen Dreiecks $A\wp B$, also ist nach dem Satze des Menelaus

$$\frac{AA}{\wp A} \cdot \frac{\wp B}{BB} \cdot \frac{B\wp}{A\wp} = 1.$$

Bezeichnen wir den Winkel $\wp\wp B$ wieder mit α , so verhält sich

$$\frac{B\wp}{A\wp} = \frac{AB\wp\wp}{AA\wp\wp} = \frac{\sin \alpha}{\sin (60^\circ + \alpha)};$$

setzen wir daher $AA = a$, $BB = b$, $AB = c$, so folgt aus der ersten Gleichung:

$$\frac{\sin (60^\circ + \alpha)}{\sin \alpha} = \frac{a(c - b)}{b(c - a)} \quad (61)$$

oder

$$\cot \alpha = \frac{2ac - ab - bc}{\sqrt{3} b(c - a)}. \quad (62)$$

Nach Gleichung (60) ist $\angle B\mathfrak{H}\mathfrak{B} = 3\alpha$, demnach ergibt sich aus dem Dreieck $B\mathfrak{B}\mathfrak{H}$:

$$\begin{aligned} \mathfrak{B}B &= c - b = \mathfrak{B}\mathfrak{H} \frac{\sin 3\alpha}{\sin 4\alpha} = c \frac{\sin 60^\circ}{\sin(60^\circ - \alpha)} \cdot \frac{\sin 3\alpha}{\sin 4\alpha} \\ &= c \frac{\sqrt{3}(3\cos^2\alpha - \sin^2\alpha)}{4(\sqrt{3}\cos\alpha - \sin\alpha)\cos\alpha(\cos^2\alpha - \sin^2\alpha)} \\ &= c \frac{\sqrt{3}(\sqrt{3}\cos\alpha + \sin\alpha)}{4\cos\alpha(\cos^2\alpha - \sin^2\alpha)} = c \frac{\sqrt{3}\sin(60^\circ + \alpha)}{2\cos\alpha(\cos^2\alpha - \sin^2\alpha)}, \end{aligned}$$

oder nach Gleichung (61):

$$c - b = c \frac{a(c - b)}{b(c - a)} \cdot \frac{\sqrt{3}\sin\alpha}{2\cos\alpha(\cos^2\alpha - \sin^2\alpha)},$$

oder

$$2b(c - a)\cot\alpha(\cot^2\alpha - 1) - \sqrt{3}ac(\cot^2\alpha + 1) = 0.$$

Setzen wir hier für $\cot\alpha$ den Werth aus (62), so erhalten wir für die drei beweglichen Glieder a, b, c die Gleichung:

$$\begin{aligned} a^3b^3 + b^3c^3 + c^3a^3 - 3abc\{a^2(b + c) + b^2(c + a) + c^2(a + b)\} \\ + 15a^2b^2c^2 = 0. \end{aligned} \quad (63)$$

Verstehen wir ferner unter d die Länge des festen Gliedes AB , so folgt aus der Figur:

$$\begin{aligned} d = A\mathfrak{H} - B\mathfrak{H} &= (c - a) \frac{\sin(60^\circ + \alpha)}{\sin 3\alpha} - (c - b) \frac{\sin\alpha}{\sin 3\alpha} \\ &= \frac{c - a}{2\sin\alpha(\sqrt{3}\cos\alpha - \sin\alpha)} - \frac{c - b}{3\cos^2\alpha - \sin^2\alpha} \\ &= \frac{\cot^2\alpha + 1}{\sqrt{3}\cot\alpha - 1} \left(\frac{c - a}{2} - \frac{c - b}{\sqrt{3}\cot\alpha + 1} \right), \end{aligned}$$

oder nach (62):

$$d = \frac{a^2b^2 + a^2c^2 + b^2c^2 - abc(a + b + c)}{3abc}. \quad (64)$$

Analoge Beziehungen bestehen zwischen den Gliedern des Vierecks A^*B^*BA , nur mit dem Unterschiede, dass an Stelle von a, b die *negativen* Längen der Glieder A^*A, B^*B treten, weil in Fig. 9 die Strecken A^*A, B^*B entgegengesetzte Richtung haben, wie die Strecken AA bzw. BB . Es gilt demnach überhaupt der Satz: *Hat ein Gelenkviereck die Eigenschaft, dass ein auf der Koppel liegender Punkt eine Bahncurve mit sechspunktig berührender Tangente beschreibt, so genügen die Längen seiner Glieder, mit geeigneten Vorzeichen versehen, den Gleichungen (63) und (64) — und umgekehrt.*

Um zu einer vorgelegten Koppelstrecke AB ein Gelenkviereck zu construiren, welches die sechspunktige Geradföhrung eines nicht gegebenen Punktes der Geraden AB bewirkt, können wir die Länge des einen Armes, z. B. BB , noch beliebig annehmen; den anderen

Arm, AA , bestimmen wir aus einer der beiden Gleichungen, die aus (63) für $c = AB$, $b = \pm BB$ hervorgehen. Ist a eine reelle Wurzel der einen dieser Gleichungen, so finden wir das Viereck $ABBA$, indem wir über AB das gleichseitige Dreieck $A\wp B$ zeichnen und auf den Seiten $A\wp$ und $B\wp$ die Strecken AA , BB bzw. gleich a und b machen. Dabei sind die Strecken a und b in der Richtung nach \wp oder entgegengesetzt aufzutragen, je nachdem sie positives oder negatives Vorzeichen haben. — Den geradgeführten Punkt K erhalten wir wieder wie in §. 13: Wir ziehen $\wp\mathfrak{K}$ senkrecht zu AB und machen $\angle \mathfrak{H}\wp K = \angle \mathfrak{I}\wp \mathfrak{H}$.

In Fig. 9 ist

2. $\angle A\wp K = \angle \mathfrak{I}\wp A = 60^\circ + \alpha + \angle B\mathfrak{H}\wp = 60^\circ + 4\alpha$,
also $\angle A\wp K = 30^\circ + 2\alpha$. Bezeichnen wir daher mit μ das Theilungsverhältniss des Punktes K in Bezug auf die Strecke AB , so folgt:

$$\mu = \frac{AK}{BK} = \frac{\sphericalangle A\wp K}{\sphericalangle B\wp K} = \frac{\sin(30^\circ + 2\alpha)}{\sin(90^\circ + 2\alpha)} = \frac{\sin(30^\circ + 2\alpha)}{\cos 2\alpha}.$$

Nun ergibt sich aus dem Dreieck $A\wp B$:

$$AB = A\wp \cdot \frac{\sin 60^\circ}{\sin 4\alpha} = (c - a) \frac{\sin 60^\circ}{\sin 4\alpha}$$

und

$$B\wp = A\wp \cdot \frac{\sin(60^\circ + 4\alpha)}{\sin 4\alpha};$$

es ist also

$$\begin{aligned} AB + A\wp - B\wp &= (c - a) \frac{\sin 60^\circ + \sin 4\alpha - \sin(60^\circ + 4\alpha)}{\sin 4\alpha} \\ &= (c - a) \frac{\sin(30^\circ + 2\alpha) \cos(30^\circ - 2\alpha) - \sin(30^\circ + 2\alpha) \cos(30^\circ + 2\alpha)}{\sin 2\alpha \cos 2\alpha} \\ &= (c - a) \frac{\sin(30^\circ + 2\alpha)}{\cos 2\alpha}. \end{aligned}$$

Demnach geht die Gleichung für μ über in

$$\mu = \frac{AB + A\wp - B\wp}{c - a}$$

oder

$$\mu = \frac{d - a + b}{c - a}. \quad (65)$$

Vertauschen wir hier a und b , so verwandelt sich die rechte Seite in das Theilungsverhältniss $\frac{BK}{AK}$, d. h. in $\frac{1}{\mu}$. Wir erhalten somit für das Theilungsverhältniss μ noch die zweite Form:

$$\mu = \frac{c - b}{d + a - b}. \quad (65')$$

Aus (65) und (65') folgt endlich die Gleichung

$$d^2 = a^2 + b^2 + c^2 - ab - bc - ca, \quad (66)$$

die wir übrigens auch aus dem Dreieck $A\wp B$ unmittelbar ableiten können.

§. 15. Fortsetzung.

Folgerungen aus den vorigen Gleichungen.

I. Die Gleichungen (63) und (64) sind symmetrisch in Bezug auf a, b, c . Daraus ergibt sich sofort der Satz: *Bewirkt das Gelenkviereck $ABBA$ die sechspunktige Geradführung eines auf der Koppelgeraden AB liegenden Punktes, so behält es diese Eigenschaft, wenn die drei beweglichen Glieder AA, AB, BB unter einander beliebig vertauscht werden.* Zeichnen wir in Fig. 10 und 11 über den Strecken $A'B'$ und $A''B''$,

die bezw. gleich sind den Strecken AA und BB der Fig. 9, die gleichseitigen Dreiecke $A'B'P'$ und $A''B''P''$, und machen auf den Seiten derselben

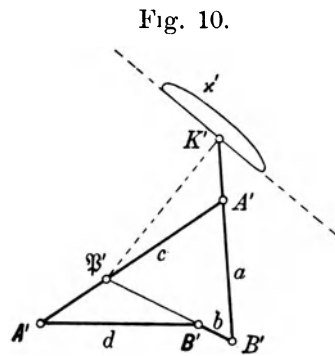


Fig. 10.

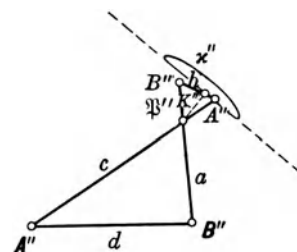


Fig. 11.

$A'A' = AB, B'B' = BB, A''A'' = AB, B''B'' = AA$, so entstehen aus dem ursprünglichen Viereck $ABBA$ zwei neue Gelenkvierecke $A'B'B'A'$ und $A''B''B''A''$, in denen $A'B' = A''B'' = AB$ ist. Auf den Geraden $A'B', A''B''$ sind nach der Regel des §. 13 bezw. die Punkte K', K'' construiert, deren Bahncurven κ', κ'' eine sechspunktig berührende Tangente haben. Verstehen wir unter μ', μ'' bezw. die Theilungsverhältnisse der Punkte K', K'' in Bezug auf $A'B', A''B''$, so ist nach (65) und (65'):

$$\mu' = \frac{d - c + b}{a - c} = 1 - \mu$$

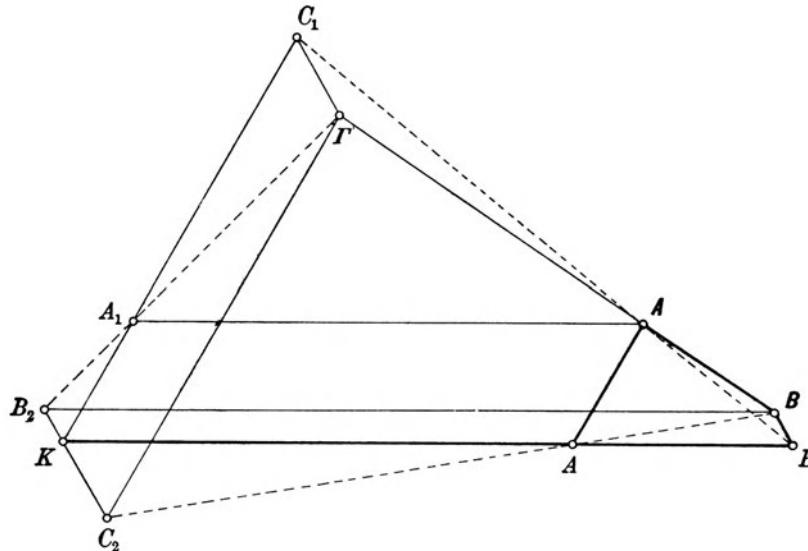
$$\mu'' = \frac{d - c + a}{b - c} = 1 - \frac{1}{\mu}.$$

Der vorige Satz folgt übrigens auch unmittelbar aus dem bekannten Roberts'schen Satze von der dreifachen Erzeugung der „Koppelcurve“ κ^1). Construiren wir nämlich in Fig. 12 (a. f. S.) über den Seiten des ursprünglichen Vierecks $ABBA$ die Parallelogramme $AAKA_1$ und $BBKB_2$, theilen A_1K und KB_2 bezw. durch die Geraden AB und BA in C_1 und C_2 im Verhältniss $\frac{KA}{KB}$ und zeichnen das Parallelogramm $C_1KC_2\Gamma$, so theilt der Punkt Γ (auf A_1B_2) die Strecke AB in demselben Verhältnisse, und der Punkt K beschreibt die Curve κ

¹⁾ Proceedings of the London Mathematical Society 1875, Vol. VII, p. 14.

auch in Verbindung mit den Gelenkvierecken $A\Gamma C_1 A_1$ und $B\Gamma C_2 B_2$. Diese verwandeln sich aber in die Vierecke der Figuren 10 und 11,

Fig. 12.



wenn wir sie bezw. im Verhältniss $\frac{AB}{A\Gamma}$ und $\frac{AB}{B\Gamma}$ verkleinern. Die Curven κ' , κ'' sind demnach ähnlich zu der in Fig. 9 gezeichneten Curve κ ¹⁾.

II. Für $a = b$ geht Gleichung (63) über in

$$(a - c)^2 (a - 4c) = 0.$$

Die Annahme $a = c$ führt nach (64) zu der unbrauchbaren Lösung $d = 0$. Ist dagegen $a = 4c$, so wird $d = 3c$ und $\mu = -1$, und wir erhalten die bekannte *Geradföhrung von Tschebischeff*, bei welcher der Punkt K in der Mitte der Koppelstrecke AB liegt²⁾. Wegen der Gleichheit der Arme AA und BB ist nach der Bemerkung in §. 13 die hier erreichte Annäherung der Curve κ an die Gerade g verhältnissmässig nur gering. In diesem Falle giebt es kein zweites Gelenkviereck, welches dieselbe Strecke AB zur Koppel hat und die sechspunktige Geradföhrung des Punktes K bewirkt; denn die in Fig. 9 ausgeföhrte Construction liefert gegenwärtig $A^*A = B^*B = 0$.

III. Der Annahme $\mu = 2$ entspricht einerseits die in Fig. 8 dargestellte genaue Geradföhrung mit $a = d = \infty$, $b = -c$; andererseits folgt aus den Gleichungen des vorigen Paragraphen noch die

¹⁾ Dies Alles ergibt sich endlich auch aus dem Satze, dass, wenn man bei einem Gelenkviereck die Koppel mit einem der Arme vertauscht, die von den Punkten der neuen und denen der ursprünglichen Koppel beschriebenen Bahncurven einander paarweise ähnlich sind. Vergl. z. B. Koenigs, *Leçons de cinématique*, Paris 1897, p. 266.

²⁾ Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen 1870, S. 168.

Lösung $b = c = 4a$, $d = 3a$. Dieselbe geht aus der Tschebischeff'schen Geradföhrung hervor, wenn wir bei dieser die Koppel des Vierecks mit einem Arme vertauschen.

§. 16. Alle Punkte des Wendekreises w_1 beschreiben Undulationspunkte.

Nach §. 6, II befinden sich alle Punkte des Kreises w_1 — mit Ausnahme des Poles und des Ball'schen Punktes — in Undulationspunkten ihrer Bahncurven, wenn für die betrachtete Koppellage der zweite Wendepol W_2 mit dem Punkte \mathfrak{P} identisch ist, also für $x_2 = y_2 = 0$. Zuzolge den Gleichungen (46) wird dieser Bedingung einerseits genügt durch die Annahme $\alpha = \delta = 90^\circ$. Dann liegt in Fig. 6 der Punkt B unendlich fern, und das Gelenkviereck artet in einen Schubkurbelmechanismus aus, bei welchem der Arm AA momentan mit der Polbahnnormale zusammenfällt¹⁾. — Die Ordinate y_2 verschwindet ferner noch für $\gamma = 0$, und dann muss zugleich α oder β gleich Null werden, damit die Koppel AB einen endlichen Werth behält. Sei z. B. $\alpha = 0$, so erfordert das gleichzeitige Verschwinden von x_2 die weitere Annahme $\beta = 90^\circ$, und wir erhalten das in Fig. 13

Fig. 13.

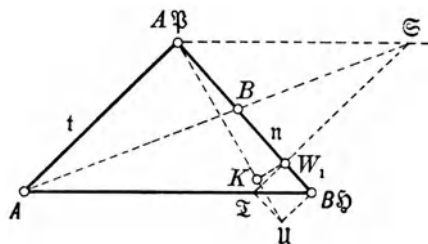
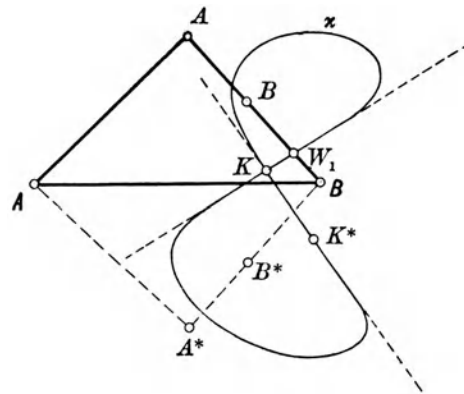


Fig. 13 a.



dargestellte Gelenkviereck, dessen Koppel AB sich momentan in einer Todtlage befindet und dabei auf dem Arme AA senkrecht steht; seine Glieder $AA = a$, $BB = b$, $AB = c$, $AB = d$ genügen demnach der Gleichung:

$$d^2 = a^2 + (b \pm c)^2.$$

Im vorliegenden Falle sind \mathfrak{P} und die positive Polbahntangente t bzw. identisch mit A und AA ; ziehen wir also durch A zu AB eine Parallele, welche AB in \mathfrak{S} schneidet, und durch \mathfrak{S} ein Loth auf AB , so trifft dieses die Gerade AB im Wendepol W_1 . Da auch W_2 mit A zusammenfällt, so ist der Ball'sche Punkt K der Fusspunkt des Lothes von A auf $W_1 W_3$, folglich der Winkel $W_1 AK$ gleich dem Winkel,

¹⁾ Allievi, a. a. O., S. 142.

den die Gerade $W_1 W_3$ mit der negativen Polbahntangente einschliesst, oder

$$\tan \angle W_1 A K = - \frac{y_3 - y_1}{x_3}.$$

Setzen wir nun in der ersten der Gleichungen (48) $\varrho = a, \alpha = 0$ und in der zweiten $\varrho' = b + c, \beta = 90^\circ$, so folgt:

$$x_3 = -3 \frac{y_1^2}{a}, \quad y_3 - y_1 = 3 y^2 \frac{b + c - y_1}{(b + c)^2};$$

es ist also

$$\tan \angle W_1 A K = \frac{a(b + c - y_1)}{(b + c)^2} = \frac{AA \cdot W_1 B}{AB^2}.$$

Ziehen wir daher durch den Schnittpunkt \mathfrak{Z} von AB und $\mathfrak{S} W_1$ eine Parallele zu AB , durch B eine Parallele zu AA und verbinden den Schnittpunkt \mathfrak{U} beider Geraden mit A , so ist K der Fusspunkt des Lothes von W_1 auf $A\mathfrak{U}$.

In Fig. 14 ist E ein beliebiger Punkt auf dem Kreise w_1 der vorigen Figur, also AE senkrecht auf $W_1 E$. Der Punkt E beschreibt

Fig. 14.

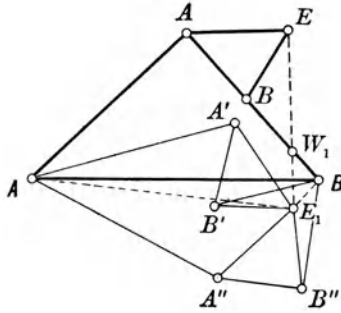
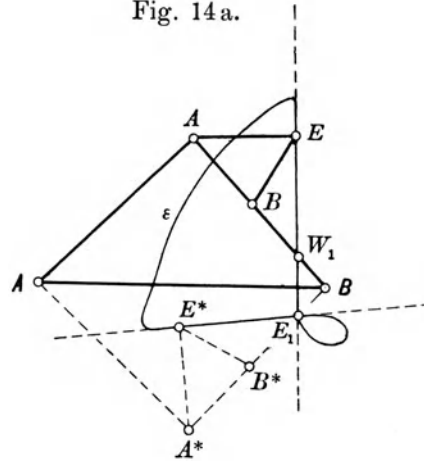


Fig. 14a.



eine Bahncurve ε , die in E einen Undulationspunkt hat mit der Tangente $W_1 E$. Bezeichnen wir die Winkel EAB und BEA bzw. mit λ und ν , so folgt aus dem Dreieck ABE

$$\frac{BE}{c} = \frac{\sin \lambda}{\sin \nu}$$

und aus dem Dreieck $BW_1 E$

$$\frac{BW_1}{BE} = \frac{\cos \nu}{\cos \lambda}$$

Nun verhält sich in Fig. 13

$$\frac{BW_1}{AB} = \frac{B\mathfrak{S}}{AB} = \frac{AB}{BB},$$

also ist

$$BW_1 = \frac{c^2}{b},$$

und folglich

$$\frac{\tan \lambda}{\tan \nu} = \frac{c}{b}.$$

Machen wir $\angle E_1BA = \lambda$ und verstehen unter E_1 den Schnittpunkt der Geraden BE_1 und EW_1 , unter δ wie früher den Winkel ABA , so sind in dem Dreieck W_1BE_1 die Winkel bei W_1 und E_1 bezw. gleich $90^\circ - \lambda$ und $90^\circ - \delta$, also ist

$$BE_1 = W_1B \frac{\cos \lambda}{\cos \delta}.$$

Hieraus folgt

$$\frac{BE_1}{AB} = \frac{W_1B}{AB} \cos \lambda = \frac{b-c}{b} \cos \lambda = \frac{\sin(\nu - \lambda)}{\sin \nu};$$

im Dreieck ABE_1 ist daher der Winkel bei A gleich $\nu - \lambda$ und der Winkel bei E_1 gleich $180^\circ - \nu$. — Wir construiren jetzt über AE_1 und BE_1 bezw. die Dreiecke AE_1A' , AE_1A'' , BE_1B' , BE_1B'' mit den Seiten $AA' = AA'' = a$, $E_1A' = E_1A'' = EA$, $BB' = BB'' = b$, $E_1B' = E_1B'' = EB$. Dann erhalten wir aus dem ersten und dritten Dreieck

$$2 \cos \angle AE_1A' = \frac{AE_1^2 + AE^2 - a^2}{AE_1 \cdot AE}$$

und

$$2 \cos \angle B'E_1B = \frac{BE_1^2 + BE^2 - b^2}{BE_1 \cdot BE}.$$

Nun ist

$$AE_1 = d \frac{\sin \lambda}{\sin \nu} = d \frac{c}{b} \cdot \frac{\cos \lambda}{\cos \nu},$$

$$BE_1 = d \frac{\sin(\nu - \lambda)}{\sin \nu} = d \frac{b-c}{b} \cos \lambda,$$

$$AE = \frac{c}{b} (b+c) \cos \lambda,$$

$$BE = c \frac{\sin \lambda}{\sin \nu} = \frac{c^2}{b} \cdot \frac{\cos \lambda}{\cos \nu};$$

hieraus ergibt sich

$$(b-c) AE_1 \cdot AE = (b+c) BE_1 \cdot BE$$

und

$$(b-c)(AE_1^2 + AE^2 - a^2) + (b+c)(BE_1^2 + BE^2 - b^2) = 0.$$

Demnach ist

$$\cos \angle AE_1A' + \cos \angle B'E_1B = 0,$$

also

$$\angle AE_1A' = 180^\circ - \angle B'E_1B,$$

mithin auch

$$\angle B'E_1A + \angle AE_1A' = 180^\circ - \angle AE_1B = \nu,$$

d. h.

$$\angle B'E_1A' = \angle BEA.$$

Die Dreiecke ABE und $A'B'E_1$ sind daher congruent und der Punkt E_1 liegt auf der Bahncurve ε des Punktes E . Ebenso ist $\triangle A''B''E_1 \cong \triangle ABE$, d. h. E_1 ist ein Doppelpunkt von ε . — In der Fig. 14 a ist die Curve ε gezeichnet. Bringen wir die Koppel AB in die Lage A^*B^* , die zu AB symmetrisch ist in Bezug auf AB , so

gelangen die Punkte E und W_1 nach E^* und W_1^* , und dann ist W_1^* der erste Wendepol und E^* ein Punkt des ersten Wendekreises für die neue Systemlage. Da von dieser ganz dasselbe gilt, wie von der Anfangslage, so ist auch E^* ein Undulationspunkt der Curve ε und die zugehörige Tangente $E^*W_1^*$ geht wiederum durch E_1 . Wir erhalten somit den folgenden Satz: *Wenn bei dem Gelenkviereck $ABBA$ die Koppel AB in einer Todtlage mit dem Arme AA einen rechten Winkel bildet, so beschreibt jeder Punkt E des zugehörigen Wendekreises w_1 momentan einen Undulationspunkt. Die Bahncurve ε des Punktes E hat einen zweiten Undulationspunkt E^* , und die Tangenten in beiden Punkten schneiden sich in einem Doppelpunkte E_1 von ε . Dabei ist $\angle E_1BA = \angle EAB$.*

Ersetzen wir den Punkt E durch den Ball'schen Punkt K der Fig. 13, so hat die Gerade W_1K fünf unendlich benachbarte Punkte mit der zugehörigen Bahncurve \varkappa gemein (Fig. 13 a). Da sie überdies durch den Doppelpunkt K_1 gehen muss, so fällt K_1 nothwendig mit K zusammen; der Punkt K ist also gleichzeitig ein Doppelpunkt der Curve \varkappa . Der Koppellage A^*B^* entspricht der Punkt K^* von \varkappa ; dieser ist aber nur ein Undulationspunkt, da er nicht mit dem Ball'schen Punkte der neuen Systemlage zusammenfällt. Die Tangente in K^* geht wieder durch K .

Aus den Gleichungen für x_3 und y_3 ergibt sich noch, dass nicht gleichzeitig W_2 mit \mathfrak{B} und W_3 mit W_1 zusammenfallen kann. Wir können deshalb kein Gelenkviereck angeben, bei welchem in einer bestimmten Koppellage alle Punkte des Wendekreises Bahnstellen mit fünfpunktig berührender Tangente durchschreiten.

Wie in §. 18 gezeigt werden soll, giebt es auch bei einem durchschlagenden Gelenkviereck unter gewissen Bedingungen eine Todtlage, in welcher alle Punkte des Wendekreises sich in Undulationspunkten befinden. Wir erwähnen an dieser Stelle endlich den früher behandelten Fall eines Gelenkvierecks, dessen Koppel in einer bestimmten Lage auf beiden Armen senkrecht steht¹⁾. Dann beschreibt jeder Punkt der Polbahntangente, in welche der Kreis w_1 hier ausartet, einen Undulationspunkt, mit Ausnahme des Ball'schen Punktes K , der wiederum zugleich ein Doppelpunkt seiner Bahncurve ist. Sind überdies die beiden Arme einander gleich, so ist K der Mittelpunkt der Koppelstrecke (fünfpunktige Geradföhrung von Watt).

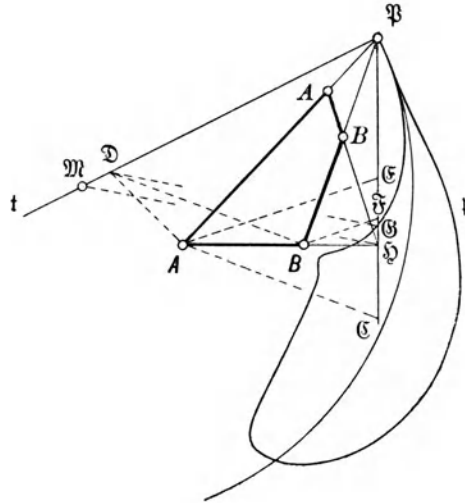
§. 17. Der Pol als Systempunkt. Polcurve und Uebergangcurve.

In Fig. 6 beschreibt derjenige Systempunkt, der momentan mit dem Pole \mathfrak{B} zusammenfällt, im Allgemeinen eine gewöhnliche Spitze

¹⁾ Construction der Burmester'schen Punkte u. s. w. Zweite Mittheilung S. 145. Vergl. auch Allievi, S. 148.

vom Krümmungsradius Null, dagegen eine Schnabelspitze von endlicher Krümmung, wenn für die betrachtete Koppellage $y_2 = 0$ wird (§. 9). Nun verschwindet y_2 entweder, wenn $\gamma = 0$, oder wenn $\delta = 90^\circ$ ist. Im ersten Falle wird auch einer der Winkel α oder β gleich Null; für $\alpha = 0$ ist aber \mathfrak{P} identisch mit dem Punkte A , der einen Kreis um A durchläuft und sich augenblicklich in einem Umkehrpunkte seiner Bahn befindet. Für die Entstehung einer eigentlichen Schnabelspitze bleibt somit nur die Bedingung $\delta = 90^\circ$; d. h. der Systempunkt \mathfrak{P} beschreibt eine Schnabelspitze, wenn die Gerade $\mathfrak{P}\mathfrak{H}$ auf dem festen Gliede AB senkrecht steht (Fig. 15).

Fig. 15.



Im vorliegenden Falle ist nach Gleichung (43):

$$y_1 = h \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha \sin \beta \cos \gamma}$$

und nach (49):

$$x_3 = -3 y_1 \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha \sin \beta \cos^2 \gamma} \{ \cos (\alpha - \beta) \cos \gamma - \sin (\alpha + \beta) \sin \gamma \},$$

also nach (40) der Krümmungsradius der Curve p im Punkte \mathfrak{P}

$$\begin{aligned} r &= -\frac{y_1^2}{x_3} = h \frac{\cos \gamma}{\cos (\alpha - \beta) \cos \gamma - \sin (\alpha + \beta) \sin \gamma} \\ &= \frac{h}{1 + \tan \alpha \tan \beta - (\tan \alpha + \tan \beta) \tan \gamma}. \end{aligned}$$

Ziehen wir nun die Geraden $A\mathfrak{D}$ senkrecht zu $\mathfrak{P}A$, $B\mathfrak{D}$ senkrecht zu $\mathfrak{P}B$ und bestimmen die Schnittpunkte \mathfrak{C} , \mathfrak{E} , \mathfrak{F} von $\mathfrak{P}\mathfrak{H}$ mit den Geraden $A\mathfrak{C}$ senkrecht auf $\mathfrak{P}B$, sowie $A\mathfrak{E}$ und $B\mathfrak{F}$ senkrecht auf AB , so geht durch \mathfrak{D} die positive Polbahntangente t , und es wird $\mathfrak{P}\mathfrak{D} = \frac{h}{\cos \alpha \cos \beta}$, $\mathfrak{H}\mathfrak{C} = h \tan \alpha \tan \beta$, $\mathfrak{C}\mathfrak{H} = h \tan \beta \tan \gamma$, $\mathfrak{F}\mathfrak{H} = h \tan \alpha \tan \gamma$. Machen wir noch auf $\mathfrak{P}\mathfrak{C}$ die Strecke $\mathfrak{G}\mathfrak{C} = \mathfrak{C}\mathfrak{H} + \mathfrak{F}\mathfrak{H}$ und ziehen durch \mathfrak{H} zu $\mathfrak{G}\mathfrak{D}$ eine Parallele, so trifft diese die Gerade t im Krümmungsmittelpunkte \mathfrak{M} der Curve p . Der zugehörige Krümmungskreis hat in \mathfrak{P} mit der tricircularen Curve sechster Ordnung p fünf zusammenfallende Punkte gemein; er schneidet sie folglich noch in einem reellen Punkte.

Der Krümmungsradius r wird unendlich gross, wenn in Fig. 15

$$\tan \gamma = \frac{1 + \tan \alpha \tan \beta}{\tan \alpha + \tan \beta} = \frac{\mathfrak{P}\mathfrak{C}}{\mathfrak{H}A + \mathfrak{H}B}$$

ist. Wir haben diesen Fall in Fig. 16 dargestellt. Dabei sind auf den Schenkeln des rechten Winkels $A\mathfrak{H}\mathfrak{P}$ die Punkte A, B, \mathfrak{P} beliebig gewählt, und es ist $A\mathfrak{C}$ senkrecht auf $\mathfrak{P}\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}\mathfrak{P}$ parallel zu $\mathfrak{H}A$ und gleich $\mathfrak{H}A + \mathfrak{H}B$, $\mathfrak{H}A$ senkrecht auf $\mathfrak{P}\mathfrak{B}$. Der Punkt \mathfrak{P} hat jetzt wieder das Aussehen einer gewöhnlichen Spitze, aber mit *fünfpunktig* berührender Tangente n .

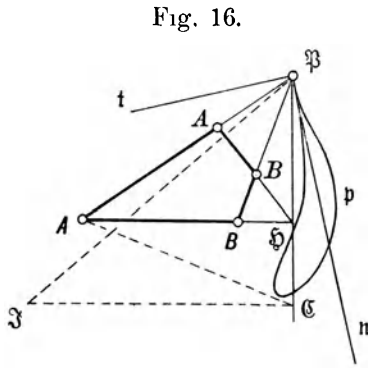


Fig. 16.

In Fig. 15 folgt aus dem Dreieck $B\mathfrak{P}\mathfrak{H}$

$$\sin(\alpha + \gamma) = \frac{h}{B\mathfrak{H}} \sin \alpha = \frac{h \sin \alpha \cos \gamma}{b \cos \alpha}$$

und aus dem Dreieck $A\mathfrak{P}\mathfrak{H}$

$$\sin(\beta + \gamma) = \frac{h \sin \beta \cos \gamma}{a \cos \beta}.$$

Multiplizieren wir die erste Gleichung mit $\cos \beta$, die zweite mit $\cos \alpha$ und subtrahieren, so ergibt sich

$$\sin(\alpha - \beta) = \frac{h}{a b \cos \alpha \cos \beta} (a \sin \alpha \cos^2 \beta - b \sin \beta \cos^2 \alpha).$$

Nun ist aber

$$d = h \tan \beta - h \tan \alpha = h \frac{\sin(\beta - \alpha)}{\cos \alpha \cos \beta},$$

folglich geht die vorige Gleichung über in

$$a b \sin^2(\alpha - \beta) + a d \sin \alpha \cos^2 \beta - b d \sin \beta \cos^2 \alpha = 0. \quad (67)$$

Es ist ferner

$$c \cos \gamma = a \cos \beta - b \cos \alpha$$

und

$$c \sin \gamma = d + b \sin \alpha - a \sin \beta,$$

mithin

$$\begin{aligned} c^2 &= a^2 + b^2 + d^2 + 2d(b \sin \alpha - a \sin \beta) \\ &\quad - 2ab(\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta). \end{aligned} \quad (68)$$

Wird diese Gleichung mit $\sin \alpha \sin \beta$ multiplicirt und zu (67) addirt, so folgt

$$\begin{aligned} a(b + d \sin \alpha) \sin^2 \beta - \{bd(1 + \sin^2 \alpha) + (a^2 + b^2 - c^2 + d^2) \sin \alpha\} \sin \beta \\ + a \sin \alpha (d + b \sin \alpha) = 0. \end{aligned} \quad (69)$$

Weiter erhalten wir aus (68), indem wir die cosinus durch die sinus ausdrücken, mit Rücksicht auf (69) die neue Gleichung

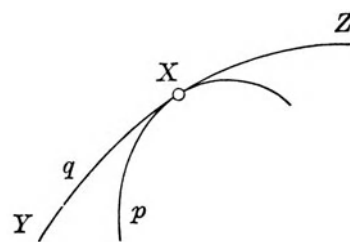
$$\begin{aligned} 4a^2(d^2 - b^2) \sin^2 \beta + 4a\{b(a^2 + b^2 - c^2 - d^2) \sin \alpha \\ - d(a^2 - b^2 - c^2 + d^2)\} \sin \beta + 4b^2(d^2 - a^2) \sin^2 \alpha \\ - 4bd(a^2 - b^2 + c^2 - d^2) \sin \alpha + (a^2 + b^2 - c^2 + d^2)^2 - 4a^2b^2 = 0. \end{aligned}$$

Aus den beiden letzten Gleichungen ergibt sich durch Elimination von $\sin \beta$ eine Gleichung sechsten Grades für $\sin \alpha$. Diese bestimmt zwölf Lagen des Armes BB , die paarweise in Bezug auf AB symme-

trisch sind, und jeder von ihnen entspricht eine Koppellage, für welche die Gerade $\mathfrak{B}\mathfrak{S}$ auf dem festen Gliede AB senkrecht steht. Bei jedem Gelenkviereck giebt es also im Allgemeinen zwölf Koppellagen, in denen der Pol eine Schnabelspitze beschreibt.

Das eben erhaltene Resultat steht in Zusammenhang mit der früher von uns behandelten Frage nach der Gestaltung aller Bahncurven, die von den sämtlichen Punkten der Koppellebene durchlaufen werden¹⁾. Jede dieser Curven hat bekanntlich im Allgemeinen drei Doppelpunkte, von denen zwei conjugirt imaginär sein können; ein reeller Doppelpunkt kann entweder als eigentlicher Knotenpunkt, oder als Spitze, oder als isolirter Punkt auftreten. Die jeweilige Beschaffenheit der drei Doppelpunkte ist entscheidend für den gestaltlichen Charakter der betreffenden Bahncurve. Nun erfüllen alle Systempunkte, welche Bahncurven mit zwei zusammenfallenden Doppelpunkten beschreiben, eine gewisse Curve zehnter Ordnung q , mit Doppelpunkten in A und B und mit vierfachen Punkten in den imaginären Kreispunkten — wir haben sie als die *Uebergangscurve* der bewegten Ebene bezeichnet. Andererseits befinden sich alle diejenigen Systempunkte, deren Bahncurven eine Spitze enthalten, auf der *Polcurve* p , einer bicircularen Curve achter Ordnung mit vierfachen Punkten in A und B . Ertheilen wir dem Systempunkte alle möglichen Lagen in der Koppellebene, so gehen beim Ueberschreiten der Curve q zwei reelle Doppelpunkte der zugehörigen Bahncurve in zwei conjugirt imaginäre über; dagegen entspricht dem Durchgange durch die Curve p die Verwandlung eines Knotenpunktes in einen isolirten Punkt. Die Curven p und q zerschneiden also die Koppellebene in eine Anzahl von Feldern in der Weise, dass allen Punkten desselben Feldes Bahncurven entsprechen, die in Bezug auf ihre Doppelpunkte denselben Charakter besitzen. — Eine Schnabelspitze entsteht aus der Vereinigung eines

Fig. 17.



Knotenpunktes mit einer gewöhnlichen Spitze; demnach liegt jeder Punkt X der Koppellebene, der eine Bahncurve mit Schnabelspitze beschreibt, zugleich auf der Uebergangscurve q und auf der Polcurve p (Fig. 17). Alle Systempunkte auf dem Bogen YX der Curve q beschreiben Bahncurven mit drei reellen Doppelpunkten D_1, D_2, D_3 , von denen zwei, etwa D_1 und D_2 , zu einem Selbstberührungspunkte vereinigt sind. Jeder der Punkte D_1 und D_2 hat also den Charakter eines Knotenpunktes, und nicht den eines isolirten Punktes. Für den Punkt X verwandelt sich einer der Punkte D_1, D_2 , etwa D_1 — und nicht D_3 —, in eine Spitze. Wählen

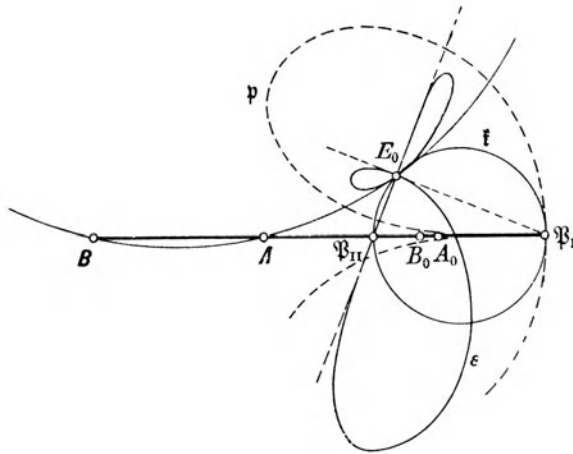
¹⁾ Ueber die Doppelpunkte der Koppelcurve; Zeitschrift für Math. u. Phys. 34, 303 und 372.

wir aber den Systempunkt auf dem Bogen XZ der Curve q , so bilden die entsprechenden Punkte D_1, D_2 wieder einen Selbstberührungspunkt der zugehörigen Bahncurve. Der Punkt D_1 hat also den Charakter eines Knotenpunktes behalten; folglich haben wir in X die Polcurve nicht überschritten — denn in diesem Falle müsste sich D_1 in einen isolirten Punkt verwandelt haben. Die Curven p und q berühren sich demnach in X . Da nun beide Curven, von den Punkten A und B und den imaginären Kreispunkten abgesehen, noch $8 \cdot 10 - 4 \cdot 8 = 48$ Punkte gemein haben, so ergibt sich aus unserem letzten Satze: *Die Uebergangcurve und die Polcurve berühren sich in den zwölf Punkten, welche Bahncurven mit Schnabelspitzen beschreiben, und schneiden sich ausserdem noch in 24 Punkten.* Einem solchen Schnittpunkte entspricht eine Bahncurve mit einem Selbstberührungspunkte (D_1, D_2) und einer Spitze (D_3).

§. 18. Todtlagen eines durchschlagenden Gelenkvierecks.

Ein Gelenkviereck heisst durchschlagend, wenn seine Seiten in eine einzige Gerade zusammenfallen können. Ist $ABBA$ ein solches Viereck und A_0B_0 eine Todtlage der Koppel AB , so kann die Gerade AB aus vier verschiedenen Nachbarlagen nach A_0B_0 gelangen, und hieraus

Fig. 18.



ergibt sich die Zweideutigkeit des Pols für die Todtlage A_0B_0 ; die betreffenden Pole sind bekanntlich die Doppelpunkte $\mathfrak{P}_I, \mathfrak{P}_{II}$ einer Involution mit den Paaren A, B_0 und B, A_0 (Fig. 18). Zu beiden Punkten gehört die Gerade AB als Polbahnnormale. — Jeder

Systempunkt E der Koppel ebene befindet sich in der Todtlage in einem

„Sonderdoppelpunkte“ E_0 seiner Bahncurve ϵ ; diese hat ausserdem noch drei „gewöhnliche“ Doppelpunkte E_1, E_2, E_3 auf dem Kreise, der über der Sehne AB den Winkel AEB fasst. Liegt aber E auf dem Kreise k über dem Durchmesser $\mathfrak{P}_I \mathfrak{P}_{II}$, so vereinigen sich zwei gewöhnliche Doppelpunkte mit dem Sonderdoppelpunkte E_0 zu einem dreifachen Punkte der Curve ϵ ¹⁾.

¹⁾ Ueber die Doppelpunkte der Koppelcurve; Zeitschrift für Math und Phys 36, 68.

Im vorliegenden Falle sind die beiden Rollcurven symmetrisch in Bezug auf die Polbahnnormale AB ; die dem Pole \mathfrak{P}_i entsprechenden Wendepole $W_1, W_2 \dots$ liegen daher sämmtlich auf dieser Geraden. (§. 6, V.) Bezeichnen wir die Entfernungen der Punkte $A, B, A_0, B_0, W_1, W_2 \dots$ von \mathfrak{P}_i bezw. mit $\varrho, \varrho', r, r', y_1, y_2 \dots$, so ist

$$\frac{1}{y_1} = \frac{1}{r} - \frac{1}{\varrho} = \frac{1}{r'} - \frac{1}{\varrho'}. \quad (70)$$

Vertauschen wir ferner in Gleichung (37) r, η_i, ξ_i bezw. mit ϱ, y_i, x_i und setzen $x_i = 0, \varphi = 90^\circ$, so ergibt sich

$$\varrho^2(y_3 - y_1) + \varrho y_1(4y_2 - 3y_1) + 3y_1^3 = 0$$

und analog

$$\varrho'^2(y_3 - y_1) + \varrho' y_1(4y_2 - 3y_1) + 3y_1^3 = 0.$$

Hieraus folgt

$$y_2 = \frac{3y_1}{4\varrho\varrho'} \{ \varrho\varrho' - y_1(\varrho + \varrho') \} \quad (71)$$

und

$$y_3 - y_1 = \frac{3y_1^3}{\varrho\varrho'}.$$

Der Ball'sche Punkt ist gegenwärtig identisch mit dem Wendepol W_1 , und dieser befindet sich in einem Selbstberührungspunkte seiner Bahncurve, beschreibt also niemals eine Bahnstelle mit mehr als vierpunktig berührender Tangente.

Sollen *alle* Punkte des Wendekreises w_1 Undulationspunkte durchlaufen, so muss W_2 mit \mathfrak{P}_i zusammenfallen. Dann ist $y_2 = 0$, d. h. nach (71)

$$\frac{1}{y_1} = \frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\varrho'}$$

oder nach (70)

$$\frac{2}{y_1} = \frac{1}{\varrho} + \frac{1}{r'}.$$

Nun sind aber $\mathfrak{P}_i, \mathfrak{P}_{ii}, A, B_0$ vier harmonische Punkte, also ist auch

$$\frac{2}{\mathfrak{P}_i \mathfrak{P}_{ii}} = \frac{1}{\varrho} + \frac{1}{r'},$$

d. h. $y_1 = \mathfrak{P}_i \mathfrak{P}_{ii}$ oder W_1 identisch mit \mathfrak{P}_{ii} und der Kreis w_1 identisch mit \mathfrak{k} . *Fällt demnach der dem Punkte \mathfrak{P}_i entsprechende Wendepol zusammen mit \mathfrak{P}_{ii} , so beschreiben alle Punkte des Wendekreises w_1 Undulationspunkte, und jeder dieser Punkte befindet sich gleichzeitig in einem dreifachen Punkte seiner Bahncurve.*

Dieser Fall ist in Fig. 18 dargestellt. Dabei sind die Punkte \mathfrak{P}_i, A, A_0 beliebig angenommen; \mathfrak{P}_{ii} ist als der zugehörige Wendepol in bekannter Weise construirt worden, und B, B_0 sind die vierten harmonischen Punkte bezw. zu $\mathfrak{P}_i, \mathfrak{P}_{ii}, A_0$ und $\mathfrak{P}_i, \mathfrak{P}_{ii}, A$. Ein beliebiger Punkt E_0 des Kreises über $\mathfrak{P}_i \mathfrak{P}_{ii}$ beschreibt eine Bahncurve ε , die in E_0 einen dreifachen Punkt hat. Geht die Gerade AB so durch die

Todtlage $A_0 B_0$, dass \mathfrak{P}_I der zugehörige Pol ist, so befindet sich der Punkt E in vier unendlich benachbarten Lagen auf der Geraden $\mathfrak{P}_{II} E_0$. Dem zweiten Durchgange durch die Todtlage, mit \mathfrak{P}_{II} als Pol, entsprechen nur zwei unendlich benachbarte Lagen von E auf der Geraden $\mathfrak{P}_I E_0$; überdies berührt der durch A, B und E_0 gehende Kreis die Curve ε in E_0 und schneidet sie noch in einem Doppelpunkte, der hier ein isolirter Punkt ist. — Bezeichnen wir die Längen der Glieder AA, BB, AB, AB wieder mit a, b, c, d , so ist in Fig. 18

$$d = b + c - a.$$

Drücken wir noch aus, dass $y_1 = \mathfrak{P}_I \mathfrak{P}_{II}$ sein soll, so finden wir zwischen den Gliedern a, b, c die Bedingung

$$c(a + b)^2 + b(a + c)^2 - a(b - c)^2 = 0.$$

In der Systemlage, die \mathfrak{P}_I zum Pole hat, ist dieser zugleich der Ball'sche Punkt; seine Bahncurve p hat also mit der Geraden AB fünf unendlich benachbarte Punkte gemein und schneidet AB zum sechsten Male wieder in \mathfrak{P}_I .



ÜBER DEN
ARITHMETISCHEN CHARAKTER
GEWISSER NETZE
VON
UNENDLICH VIELEN CONGRUENTEN VIERECKEN.

VON
R. FRICKE.

Zieht man in einer Ebene zwei Systeme äquidistanter Geraden, wie dies in Fig. 1 angedeutet ist, so erscheint dadurch die ganze Ebene überdeckt mit einem Netze unendlich vieler, unter einander congruenter Vierecke. Dabei handelt es sich offenbar um Parallelogramme oder, wie wir hier besser sagen, um *Vierecke mit gleichen Gegenseiten*.

Das gezeichnete Vierecksnetz möge N heissen, die einzelnen Vierecke aber allgemein V oder, wenn wir sie von einander unterscheiden wollen, V_0, V_1, V_2, \dots

Man kann sich nun das Netz N auch dadurch entstanden denken, dass man von einem ersten, willkürlich zu wählenden Viereck V_0 , dem

Fig. 1.

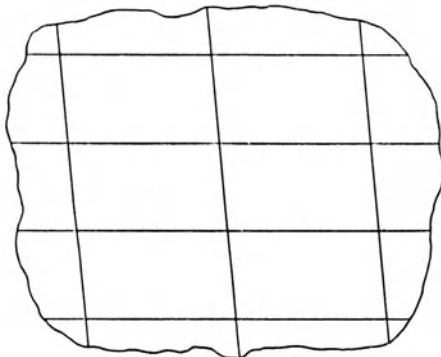
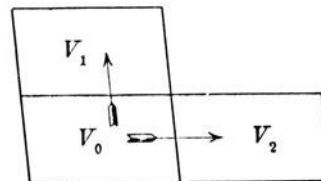


Fig. 2.



sogenannten „Ausgangsviereck“, ausgeht, dieses vermöge der in Fig. 2 durch Pfeile versinnlichten Parallelverschiebungen in die

benachbarten Lagen V_1, V_2, \dots überführt und den Process in der gleichen Weise fortführt.

Es ist eine Folge der vorausgesetzten *Gleichheit der Gegenseiten* bei V , dass sich bei dem so eingeleiteten Process die gemeinsamen Seiten benachbarter Vierecke des entstehenden Netzes immer genau, d. i. ohne Rest oder Ueberschuss, decken.

Andererseits schliesst sich der Process jedesmal um die Eckpunkte der Vierecke herum glatt ab; und man erkennt als Grund dieser Thatsache sofort den Umstand, dass die *Winkelsumme des einzelnen V gleich 2π , d. i. gleich vier Rechten ist*.

Es gibt unendlich viele Parallelverschiebungen der Ebene, durch welche das Netz N in sich selbst übergeführt wird. Diese Parallelverschiebungen bilden in ihrer Gesamtheit eine sogenannte „Gruppe zusammengehöriger Operationen“ mit der charakteristischen Gruppen-

eigenschaft, nach welcher zwei Operationen der Gruppe, combinirt, d. i. nach einander ausgeübt, auf eine gleichfalls der Gruppe angehörende Operation hinauskommen.

Es ist ein Leichtes, die hiermit gewonnene Gruppe analytisch darzustellen. Wir denken zu diesem Zweck die zu Grunde liegende Ebene als *Ebene einer complexen Variablen* ξ , wobei der Einfachheit halber der Nullpunkt $\xi = 0$ in einem der Eckpunkte des Ausgangsvierecks V_0 liege. Die homologen Eckpunkte der in Fig. 2 gezeichneten, mit V_0 benachbarten Vierecke V_1 und V_2 mögen bei $\xi = \omega_1$ bzw. ω_2 liegen. Bei den beiden zugehörigen Parallelverschiebungen wird dann der einzelne „Punkt“ ξ in den Punkt:

$$\xi' = \xi + \omega_1 \quad \text{bzw.} \quad \xi' = \xi + \omega_2$$

transformirt. Insgesamt aber nimmt die oben geometrisch definirte Gruppe die Gestalt der „*Gruppe aller linearer Substitutionen*“:

$$\xi' = \xi + m_1 \omega_1 + m_2 \omega_2$$

an, wo m_1, m_2 die *gesammten Paare ganzer Zahlen* zu durchlaufen hat.

Die Gruppe aller dieser Substitutionen heisse Γ ; die einzelnen Substitutionen von Γ mögen S genannt werden oder, wenn wir sie unterscheiden wollen, S_0, S_1, S_2, \dots , wobei S_0 das Symbol der sogenannten „identischen“ Substitution $\xi' = \xi$ sei. Die Gruppeneigenschaft von Γ ist bei Combination zweier Substitutionen S aus der Ganzzahligkeit der Coëfficienten m_1, m_2 *arithmetisch* unmittelbar deutlich.

Uebrigens ist es bekannt, dass die Gruppe Γ ein Fundament für die *Theorie der elliptischen oder doppeltperiodischen Functionen* abgiebt, d. h. derjenigen eindeutigen analytischen Functionen der complexen Variablen ξ , welche sich bei Ausübung der Substitutionen von Γ auf ξ invariant verhalten. —

Die vorstehende Ueberlegung wiederhole man, indem man an Stelle der bisherigen Euklidischen Ebene nunmehr die *Ebene der Lobatschewsky'schen Geometrie* setzt¹⁾. In dieser Geometrie ist die Winkelsumme des geradlinigen Vierecks $< 2\pi$, und zwar um so kleiner, je grösser der Inhalt des Vierecks ist. Wir wählen demnach ein Viereck V_0 aus, welches wieder *gleiche Gegenseiten* hat, dessen *Winkelsumme jedoch der mten Theil von vier Rechten, $\frac{2\pi}{m}$* , ist. Man zeigt leicht, dass V_0 auch gleiche Gegenwinkel hat. Die Bezeichnung „Parallelogramm“ für V_0 wäre übrigens nicht am Platze, da die Gegenseiten

¹⁾ Unter den zahlreichen Monographien über Lobatschewsky'sche, sowie überhaupt Nichteuklidische Geometrie sei hier vor Allem genannt. „Killing, *Einführung in die Grundlagen der Geometrie*“, Paderborn 1893.

von V_0 zwar einander niemals schneidende, jedoch nicht parallele Geraden der Lobatschewsky'schen Ebene sind ¹⁾).

Es hindert nun nichts, genau nach der oben befolgten Regel an V_0 weitere mit V_0 congruente Vierecke V_1, V_2, \dots anzulagern. Zwei benachbarte Vierecke werden sich dabei längs ihrer gemeinsamen Seite genau an einander schliessen; und auch um die Ecken herum schliesst sich der Reproductionsprocess der Vierecke glatt ab. Jedoch erkennt man wegen der veränderten Winkelsumme von V sofort den einen Unterschied gegen früher, dass der einzelne Eckpunkt jetzt stets von 4m Vierecken umlagert ist.

Durch allseitige unbegrenzte Fortsetzung des eingeleiteten Processes gewinnt man ein Netz congruenter Vierecke V , welches die ganze Ebene lückenlos und überall einfach bedeckt.

Das Vierecksnetz N lässt sich auf verschiedene Arten der un-mittelbaren, an die Verhältnisse der Euklidischen Geometrie gewöhnten Anschauung zugänglich machen ²⁾. Die in dieser Hinsicht für die Folge wichtigste Methode gründet sich auf einen gewissen Gebrauch der *Geometrie der Kreisverwandtschaften* ³⁾. Eine ausführliche Erörterung dieses Gegenstandes findet man in „A. F. I.“, S. 26 ff. Für den vorliegenden Zweck mögen folgende Angaben genügen.

Man stelle neben die Lobatschewsky'sche Ebene eine zweite Ebene, welche man als *diejenige der complexen Variablen* $\xi = \xi + i\eta$ im Sinne der Functionentheorie ansieht. Letztere Ebene wird durch die reelle ξ -Axe in zwei „Halbebenen“ getheilt, welche man dem Vorzeichen von $i\eta$ entsprechend als „positive“ und „negative“ Halbebene unterscheidet.

Es lässt sich alsdann die Lobatschewsky'sche Ebene auf eine der ξ -Halbebenen, etwa die positive eindeutig abbilden (cf. „A. F. I.“, S. 22 ff.). Dabei correspondiren den Geraden der Lobatschewsky'schen Ebene die Halbkreise der ξ -Halbebene, welche auf der reellen ξ -Axe orthogonal aufstehen. Die Gerade besitzt, den Vorstellungen der Lobatschewsky'schen Geometrie entsprechend, zwei unendlich ferne Punkte; ihnen sind die beiden Fusspunkte des zugehörigen Halbkreises zugeordnet. Das Abbild aller unendlich fernen Punkte wird durch den Rand der ξ -Halbebene, d. i. durch die reelle Axe, gebildet. Der Winkel zweier Geraden ist in der ξ -Halbebene im Sinne der elemen-

¹⁾ Eine genaue Theorie dieser Vierecke findet sich in dem ersten Bande der demnächst von F. Klein und mir herauszugebenden „Vorlesungen über die Theorie der eindeutigen automorphen Functionen“ (Leipzig bei Teubner), S. 288 ff. Dieses Werk wird weiterhin als „A. F. I.“ unter blosser Angabe der Seitenzahl citirt.

²⁾ Siehe hierzu auch Killing, a. a. O., S. 11.

³⁾ Diese Theorie findet sich von der geometrischen Seite her begründet in „Möbius, Die Theorie der Kreisverwandtschaften in rein geometrischer Darstellung“, Abhandl. der Königl. Sachs. Gesell. d. Wiss. zu Leipzig, Bd. 2 (1855).

taren Planimetrie als Winkel zwischen den beiden zugehörigen Halbkreisen abzulesen.

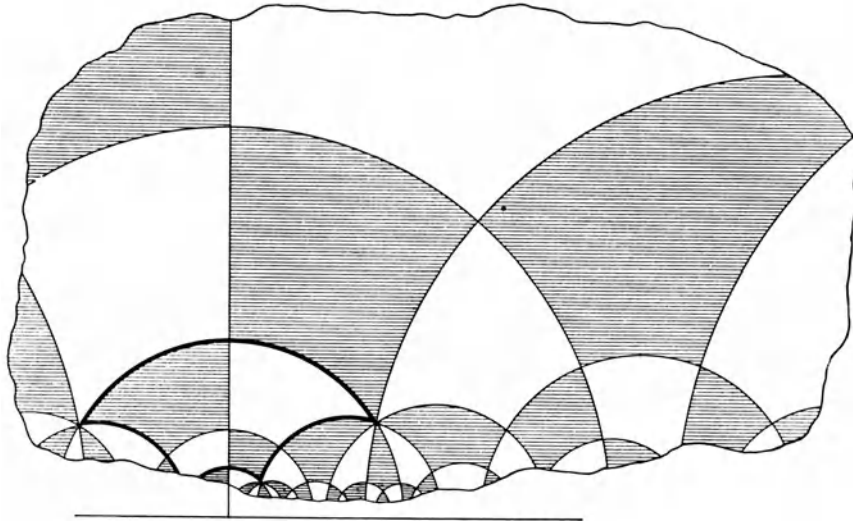
Das Wichtigste aber ist, dass die congruenten Verschiebungen der Lobatschewsky'schen Ebene diejenigen Transformationen der positiven ξ -Halbebene in sich liefern, wie sie durch die Substitutionen:

$$\xi' = \frac{\alpha\xi + \beta}{\gamma\xi + \delta} \quad (1)$$

mit beliebigen reellen Coëfficienten $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ der Determinante $\alpha\delta - \beta\gamma = 1$ dargestellt werden (cf. „A. F. I.“, S. 29). Eben diese sind die linearen Substitutionen, welche „kreisverwandte“ Abbildungen der ξ -Halbebene auf sich selbst vermitteln.

Das Vierecksnetz N nimmt nun die Gestalt eines über die ganze positive ξ -Halbebene ausgespannten Netzes von Kreisbogenvierecken an, welches diese Halbebene zugleich überall nur einfach bedeckt. Das Netz

Fig. 3.



heisse auch in der neuen Gestalt N , und seine Vierecke mögen nach wie vor V_0, V_1, V_2, \dots genannt werden. Letztere sind alle unter einander kreisverwandt; und die besonderen Substitutionen (1), vermöge deren das Ausgangsviereck V_0 in die übrigen Vierecke V_1, V_2, \dots von N übergeführt wird, mögen S_1, S_2, \dots genannt werden, während die „identische“ Substitution S_0 oder $\xi' = \xi$ das Viereck V_0 in sich transformirt. Diese Substitutionen S_0, S_1, S_2, \dots bilden insgesamt eine „Gruppe“, die wir wieder Γ nennen wollen. Das arithmetische Studium dieser Gruppe Γ , bzw. ihrer Substitutionscoëfficienten soll der eigentliche Gegenstand der vorliegenden Notiz sein.

Zur Erläuterung der geometrischen Seite vorstehender Ueberlegung diene die in Fig. 3 entworfene Skizze, welche ein Netz von Kreisbogenvierecken der Winkelsumme π andeutet. Die Vierecke wurden hier überdies so gewählt, dass das einzelne durch seine beiden

Mittellinien jeweils symmetrisch gehälftet erscheint. Es zerfällt solcherweise in vier kleinere Kreisbogenvierecke, welche in der Figur dadurch besser kenntlich gemacht wurden, dass sie abwechselnd schraffirt und frei gelassen wurden. Als Ausgangsviereck denke man etwa dasjenige Viereck, dessen Seiten durch stärkeres Ausziehen besonders hervorgehoben wurden. Die beiden oberhalb und rechts von diesem Ausgangsviereck gelegenen Vierecke mögen nach Analogie von Fig. 2 durch V_1 und V_2 bezeichnet werden, und ihnen entsprechen die Substitutionen S_1 und S_2 . Durch Wiederholung und Combination von S_1 und S_2 lässt sich alsdann jede Substitution von Γ herstellen, *d. h. wir haben im Sinne der Gruppentheorie in S_1 und S_2 ein System von Erzeugenden unserer Gruppe Γ vor uns.* In der Richtung gegen die reelle ξ -Axe, und zwar gegen jede Stelle derselben werden sich die Vierecke des Netzes N immer dichter zusammendrängen. Auch in der Lobatschewsky'schen Ebene wird ja jeder ins Unendliche ziehende Strahl ohne Ende immer neue Vierecke durchwandern.

Man wird nun die volle Analogie zu den oben in der Euklidischen Ebene geschilderten Verhältnissen bemerkt haben. In der That ist diese Analogie eine durchgängige. Man wird z. B. auch sofort nach der functionentheoretischen Seite weitergehen und den elliptischen Functionen hier *solche eindeutige analytische Functionen $f(\xi)$ gegenüberstellen, welche bei Ausübung der Substitutionen unserer Gruppe Γ invariant sind.* Wir haben hiermit eine specielle und zwar besonders einfache Gattung eindeutiger automorpher Functionen definiert.

Das Zustandekommen der Gruppe war nun oben bei den Substitutionen $\xi' = \xi + m_1 \omega_1 + m_2 \omega_2$ aus der arithmetischen Bauart der Substitutionscoefficienten unmittelbar einzusehen. Hier bei den Gruppen der Vierecksnetze in der Lobatschewsky'schen Ebene ist aber die *directe Erkenntniss des arithmetischen Bildungsgesetzes aller Substitutionen S_0, S_1, S_2, \dots der einzelnen Gruppe Γ* weit schwieriger. Man müsste hier die Natur der etwa durch $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k, \delta_k$ zu bezeichnenden Coefficienten von S_k insoweit charakterisiren können, dass man einsieht, warum sich diese Natur von zwei Substitutionen der Gruppe auf die durch Combination derselben entspringende dritte Substitution von selbst überträgt. Ueben wir auf ξ zuerst S_k , auf den transformirten Werth sodann S_i aus, so entspringt die Substitution:

$$\xi' = \frac{(\alpha_i \alpha_k + \beta_i \gamma_k) \xi + (\alpha_i \beta_k + \beta_i \delta_k)}{(\gamma_i \alpha_k + \delta_i \gamma_k) \xi + (\gamma_i \beta_k + \delta_i \delta_k)}.$$

Es wird sich also hier um solche Gesetzmässigkeiten handeln müssen, welche, für die beiden Quadrupel $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i$ und $\alpha_k, \beta_k, \gamma_k, \delta_k$ vorausgesetzt, dann von selbst auch für das Quadrupel:

$$\begin{aligned} \alpha_l &= \alpha_i \alpha_k + \beta_i \gamma_k, & \beta_l &= \alpha_i \beta_k + \beta_i \delta_k, & \gamma_l &= \gamma_i \alpha_k + \delta_i \gamma_k, \\ \delta_l & & & & & \delta_l &= \gamma_i \beta_k + \delta_i \delta_k \end{aligned} \quad (2)$$

gelten.

Man kennt einstweilen noch kein allgemeines Princip, eine geometrisch durch ein Vierecks- oder ein sonstiges Polygonnetz definirte Gruppe im vorstehenden Sinne der unmittelbaren arithmetischen Erkenntniss zugänglich zu machen. Aber man hat doch von Seiten der *Arithmetik der ganzen algebraischen Zahlen* zur Kenntniss eines gewissen allgemeinen Ansatzes gelangen können, welcher zwar in keiner Weise einen Ersatz des eben postulirten allgemeinen Princips darbietet, der gleichwohl für zahlreiche, in der Theorie der automorphen Functionen auftretende Gattungen von Gruppen arithmetisch erkannte Einzelbeispiele zur Verfügung stellt. Einige nähere Angaben hierüber werden zunächst am Platze sein ¹⁾.

Es sei symbolisch unter Ω_n ein reeller Körper *n*ten Grades aus algebraischen Zahlen verstanden, und wir nehmen der Einfachheit halber an, dass in Ω_n die Anzahl der Idealclassen gleich 1 ist, d. h. dass die elementaren Gesetze der Division gelten ²⁾. Aus Ω_n greifen wir drei von 0 verschiedene, positive ganze algebraische Zahlen p, q, r auf und verstehen unter:

$$p = p_1 p_2, \quad q = q_1 q_2, \quad r = r_1 r_2 \quad (3)$$

irgend drei Zerlegungen von p, q, r in positive ganzzahlige Factoren p_1, p_2, \dots

Wir verstehen ferner unter a_1, a_2, a_3, a_4 irgend vier ganze Zahlen aus Ω_n und bilden alsdann die Substitution:

$$\xi' = \frac{(a_1 \sqrt{p_1 r_1} + a_2 \sqrt{p_2 r_2}) \sqrt{q_1} \xi + (a_3 \sqrt{p_1 r_2} + a_4 \sqrt{p_2 r_1}) \sqrt{q_2}}{(-a_3 \sqrt{p_1 r_2} + a_4 \sqrt{p_2 r_1}) \sqrt{q_2} \xi + (a_1 \sqrt{p_1 r_1} - a_2 \sqrt{p_2 r_2}) \sqrt{q_1}}, \quad (4)$$

von der wir jedoch noch fordern, dass sie unimodular, d. i. von der Determinante 1 sei:

$$a_1^2 p_1 q_1 r_1 - a_2^2 p_2 q_1 r_2 + a_3^2 p_1 q_2 r_2 - a_4^2 p_2 q_2 r_1 = 1 \quad (5)$$

Bilden wir nun irgend zwei in dieser Art zum Körper Ω_n und dem gleichen Tripel p, q, r gehörende Substitutionen und combiniren sie nach dem Gesetze (2), so zeigt die Rechnung, dass auch die entspringende Substitution dieselbe Bauart besitzt: *Diese zu Ω_n und p, q, r gehörenden Substitutionen werden demnach in ihrer Gesamtheit eine Gruppe bilden.*

Um den Ansatz noch etwas allgemeiner zu gestalten, setzen wir auch noch die folgenden unimodularen Substitutionen hinzu:

¹⁾ Wegen der Beweise vergl. man die Abhandlung des Verfassers: „Zur gruppentheoretischen Grundlegung der automorphen Functionen“ in Bd. 42 der *Mathemat. Annalen*, S. 564 ff. (1892).

²⁾ Wegen der allgemeinen Theorie der Körper Ω_n sehe man. „R. Dedekind, *Ueber die Theorie der ganzen algebraischen Zahlen*“ im Supplement XI von Dirichlet's Vorlesungen über Zahlentheorie, 4. Aufl. (1894).

$$\xi' = \frac{\frac{a_1 \sqrt{p_1 r_1} + a_2 \sqrt{p_2 r_2}}{\nu} \sqrt{q_1} \cdot \xi + \frac{a_3 \sqrt{p_1 r_2} + a_4 \sqrt{p_2 r_1}}{\nu} \sqrt{q_2}}{-\frac{a_1 \sqrt{p_1 r_2} + a_4 \sqrt{p_2 r_1}}{\nu} \sqrt{q_2} \cdot \xi + \frac{a_1 \sqrt{p_1 r_1} - a_2 \sqrt{p_2 r_2}}{\nu} \sqrt{q_1}}. \quad (6)$$

Hier sollen $a_1, a_2, \dots, p_1, p_2, \dots$ in derselben Bedeutung wie in (4) gebraucht sein; und es soll der Nenner ν eine *ganze algebraische Zahl* sein, welche jedoch so gewählt sein muss, dass die vier Coefficienten der Substitution (6) gleichfalls ganze algebraische Zahlen sind. Es handelt sich dabei natürlich nicht mehr um ganze Zahlen aus Ω_n , sondern aus gewissen umfassenderen Körpern, welche ersichtlich aus Ω_n durch Zusatz von Quadratwurzeln entspringen. Auch die Zahl ν braucht keineswegs dem Körper Ω_n anzugehören; jedoch folgt aus:

$$a_1^2 p_1 q_1 r_1 - a_2^2 p_2 q_1 r_2 + a_3^2 p_1 q_2 r_2 - a_4^2 p_2 q_2 r_1 = \nu^2 \quad (7)$$

dass jedenfalls ν^2 dem Körper Ω_n angehört. Uebrigens kommt man für $\nu = 1$ auf die Substitutionen (4) zurück.

Es ist nun unmittelbar deutlich, dass auch die Substitutionen (6) in ihrer Gesamtheit eine Gruppe bilden, in welcher die Gruppe aller Substitutionen (4) als Untergruppe enthalten ist. Bei der Combination zweier Substitutionen bleibt sowohl die Bauart, wie auch die Ganzzahligkeit der Substitutionscoefficienten erhalten.

Die hiermit definirten Gruppen sind nun zwar stets sogenannte „discontinuirliche“ Gruppen. Aber es tritt hier noch eine feinere Unterscheidung in Kraft, welche in der Theorie unserer Gruppen die „eigentlich discontinuirlichen“ von den „uneigentlich discontinuirlichen“ Gruppen scheidet¹⁾. Gruppen, welche man aus Vierecksnetzen oder sonstigen Polygonnetzen unserer Art wie oben definirt, sind stets *eigentlich* discontinuirlich, und diese Gruppen sind es allein, welche in der Theorie der eindeutigen automorphen Functionen Verwendung finden.

Die nähere Untersuchung hat nun gezeigt, dass die zum Körper Ω_n und dem Tripel p, q, r gehorende Gruppe aller Substitutionen (6) stets und nur dann *eigentlich discontinuirlich* ist, wenn folgenden drei Bedingungen Genüge geschieht:

- I. Alle mit Ω_n conjugirten Körper müssen reell sein;
- II. Alle mit pr conjugirten Zahlen ausser pr selber müssen negativ sein;
- III. Alle mit pq conjugirten Zahlen ausser pq selber müssen negativ sein.

Der Beweis dieses Theorems²⁾ gründet sich auf Dirichlet's Theorie der Einheiten in endlichen Körpern.

¹⁾ Man findet das Nähere hierüber in „A. F. I“, S. 62 und 98 ff.

²⁾ Siehe wegen des Beweises die oben genannte Abhandlung des Verfassers in Bd. 42 der Mathemat. Annalen, S. 571 ff.

Die n mit pr conjugirten Zahlen sind die Wurzeln einer Gleichung n ten Grades, welche im rationalen Körper Ω_1 entweder irreducibel ist, oder deren linke Seite die Potenz einer irreducibeln Function darstellt¹⁾. Letzteres ist im Falle der eigentlichen Discontinuität der Gruppe nicht möglich, da anderenfalls wenigstens zwei Wurzeln mit pr identisch und also positiv wären. Die *gesammten* Zahlen von Ω_n sind demnach in der Form:

$$h_0 + h_1 \cdot (pr) + h_2 \cdot (pr)^2 \cdot \cdot \cdot + h_{n-1} \cdot (pr)^{n-1}$$

mit rationalen Coëfficienten h_i darstellbar, so dass der Körper Ω_n bereits eindeutig mit Angabe der drei ganzen algebraischen Zahlen p, q, r festgelegt ist. In diesem Sinne werden wir späterhin kurz von einer „*Gruppe des Tripels* p, q, r “ ohne Angabe des Körpers Ω_n sprechen dürfen.

Die den verschiedenen Zerlegungen (3) entsprechenden Substitutionen des Tripels p, q, r könnte man als eine Reihe verschiedener „*Typen*“ von Substitutionen bezeichnen. Dabei spielt der zur Zerlegung $p = 1 \cdot p, q = 1 \cdot q, r = 1 \cdot r$ gehörige Typus, bei welchem somit $p_1 = q_1 = r_1 = 1$ ist, die wichtigste Rolle. Wir bezeichnen diesen Typus somit als den „*Haupttypus*“. Man zeigt aber ohne Mühe die beiden folgenden Sätze: *Irgend eine Substitution der Gruppe ergibt, einmal mit sich selbst combinirt, stets eine Substitution des Haupttypus. Die Substitutionen des Haupttypus bilden für sich eine Untergruppe, die sogenannte „Hauptuntergruppe“.* Bei vielen Untersuchungen kann man sich auf die Betrachtung der Hauptuntergruppe beschränken. So z. B. ist es genügend, die eigentliche Discontinuität der Hauptuntergruppe festzustellen; diejenige der Gesamtgruppe ist damit zugleich bewiesen.

Die letztere Bemerkung ist von Wichtigkeit, wenn man den entwickelten Ansatz auf solche Körper Ω_n übertragen will, bei denen die elementaren Divisionsgesetze nicht mehr gelten, oder um es in der Sprache der Theorie der ganzen algebraischen Zahlen auszudrücken, bei denen *die Anzahl der Idealclassen* > 1 ist. Der Ansatz (6) der Substitutionen ist jetzt einer unwesentlichen formalen Veränderung und einer geringfügigen sachlichen Erweiterung zu unterziehen²⁾. Insbesondere bleibt die Hauptuntergruppe sowohl in der Gestalt ihrer Substitutionen wie auch in ihrer Bedeutung völlig unverändert. Die Folge ist, dass auch an den drei Bedingungen der eigentlichen Discontinuität keine Aenderung eintritt. —

¹⁾ Man vergleiche hierzu etwa „Weber, *Lehrbuch der Algebra*“, Bd. I, S. 462 (Braunschweig 1895).

²⁾ Siehe hierüber die Notiz des Verfassers „*Eine Anwendung der Idealtheorie auf die Substitutionsgruppen der automorphen Functionen*“, Gottinger Nachrichten von 1894, Nr. 2.

Es ist nun bereits in der vorhin genannten Arbeit des Verfassers in Bd. 42 der Mathem. Annalen untersucht, inwieweit sich die in der Theorie der automorphen Functionen auftretenden Gruppen der *Dreiecksnetze* als Gruppen von Zahlentripeln p, q, r arithmetisch erkennen lassen. Es zeigte sich, dass hier die Körper Ω_n gewisse *reelle Kreistheilungskörper* sind, nämlich die Körper der sogenannten zweigliedrigen Perioden aus Einheitswurzeln. Dabei ergab sich eine wenn auch nicht sehr ausgedehnte Reihe von Beispielen, deren arithmetische Erkenntniss unserem Ansatz zugänglich war.

Man kennt aber nun vor allen Dingen sehr genau die Theorie der quadratischen Körper Ω_2 . Wir stellen demnach hier folgende Aufgabe: *Unter alleiniger Zulassung des rationalen Körpers Ω_1 und der reellen quadratischen Körper Ω_2 soll untersucht werden, inwieweit sich vermöge des entwickelten Ansatzes die arithmetischen Bildungsgesetze der obigen zu den Vierecksnetzen N gehörenden Gruppen Γ einsehen lassen.*

Führt nun die Gruppe Γ eines einzelnen Netzes N thatsächlich auf die Gruppe eines Tripels p, q, r , so kann man aus der arithmetischen Gestalt der Gruppe eine sehr wichtige Folgerung ziehen, diejenige nämlich, dass das Vierecksnetz sowohl bezüglich der imaginären ξ -Axe, wie auch bezüglich des Einheitskreises (Halbkreises mit dem Radius 1 um $\xi = 0$) sich selbst symmetrisch ist. Greifen wir aber irgend ein Viereck V auf, welches von der imaginären ξ -Axe durchschnitten wird oder dieser Axe anliegt, so ist die Axe entweder Mittellinie oder Diagonale oder Seite von V . In den beiden letzten Fällen liegen auf der imaginären ξ -Axe Eckpunkte des Netzes N ; und wir wollen, indem wir einen dieser Eckpunkte aufgreifen, diejenige Substitution der Gruppe construiren, welche das Netz um diesen Eckpunkt durch den Winkel $\frac{2\pi}{m}$ dreht. Dieselbe hat die Gestalt:

$$\xi' = \frac{\cos \frac{\pi}{m} \cdot \xi + \kappa \sin \frac{\pi}{m}}{-\kappa^{-1} \sin \frac{\pi}{m} \cdot \xi + \cos \frac{\pi}{m}},$$

wo κ eine gewisse von 0 verschiedene reelle Zahl ist. Hier sind erst 2α und 2δ , aber noch nicht α und δ ganze algebraische Zahlen; diese Substitution kann also nicht in der Gruppe vorkommen. Es folgt, dass die imaginäre ξ -Axe als „Mittellinie“ eine Symmetrielinie von V ist; das Viereck V hat somit vier einander gleiche Winkel $\frac{\pi}{2m}$.

Der Einheitskreis kann nun entweder Mittellinien oder Seiten der an ihm participirenden Vierecke liefern; und die Rechnung zeigt, dass beide Annahmen mit der Ganzzahligkeit der Coëfficienten vereinbar sind. Die zur einen Annahme gehörende Gruppe ist überdies durch

eine sehr einfache Transformation in die andere Gruppe überführbar. Um unsere Untersuchung nicht zu ausgedehnt zu gestalten, setzen wir demnach hier voraus, dass auch der Einheitskreis „Mittellinien“ für die beteiligten Vierecke liefert.

Wir wählen als Ausgangsviereck V_0 dasjenige mit dem Centrum bei $\xi = i$ und gebrauchen die oben erklärten Substitutionen S_1, S_2 als Erzeugende der Gruppe. Die Substitutionen S_1, S_2 haben dann die Gestalt:

$$\xi' = \frac{\alpha_1 \xi}{\alpha_1^{-1}}, \quad \xi' = \frac{\alpha_2 \xi + \sqrt{\alpha_2^2 - 1}}{\sqrt{\alpha_2^2 - 1} \xi + \alpha_2},$$

wo α_1 und α_2 positive Zahlen und $\alpha_1 > 1$ ist.

Es giebt nun bei gegebenem m , d. i. gegebenem Inhalt, offenbar noch ∞^1 Vierecke unserer Art. Dies kommt für die Berechnung der Erzeugenden darauf hinaus, dass α_1 oberhalb 1 oder auch $\kappa = \alpha_1 - \alpha_1^{-1}$ als positive Zahl willkürlich wählbar ist. Es ist aber alsdann α_2 fest bestimmt, und zwar durch die Forderung, dass durch die Substitution $S_1 S_2 S_1^{-1} S_2^{-1}$, symbolisch geschrieben, eine Drehung durch den Winkel $\frac{2\pi}{m}$ um die rechts oben gelegene Ecke von V_0 dargestellt wird. Wie man durch directe Rechnung zeigt, liefert diese Forderung die Relation:

$$[(\alpha_1 + \alpha_1^{-1})^2 - 4] (\alpha_2^2 - 1) = 4 \cos^2 \frac{\pi}{2m}.$$

Für die erzeugenden Substitutionen erhalten wir daraufhin:

$$S_1 = \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{\kappa^2 + 4} + \kappa}{2}, & 0 \\ 0, & \frac{\sqrt{\kappa^2 + 4} - \kappa}{2} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

$$S_2 = \begin{pmatrix} \sqrt{1 + 4 \left(\cos \frac{\pi}{2m}\right)^2} \kappa^{-2}, & 2 \cos \frac{\pi}{2m} \cdot \kappa^{-1} \\ 2 \cos \frac{\pi}{2m} \cdot \kappa^{-1}, & \sqrt{1 + 4 \left(\cos \frac{\pi}{2m}\right)^2} \cdot \kappa^{-2} \end{pmatrix}, \quad (9)$$

wo, wie gesagt, κ als positive Zahl willkürlich wählbar ist. Der Kürze halber sind hier und weiterhin nur jeweils die Schemata der vier Coëfficienten der einzelnen Substitutionen angegeben.

Unsere Aufgabe ist nun zunächst, für die einzelnen ganzen Zahlen $m > 1$ alle diejenigen positiven Zahlwerthe κ anzugeben, für welche sich die Substitutionen (8) und (9) zugleich als unimodulare Substitutionen der Gestalt (6) darstellen lassen, und den dabei zur Geltung kommenden Körper Ω_m , sowie das zugehörige Tripel p, q, r im Einzelfalle zu charakterisiren. Dabei soll jedoch, wie oben festgesetzt wurde, der Grad n des Körpers nur entweder 1 oder 2 sein.

Für die Substitution S_1 ist $\alpha - \delta = \kappa$, und es ist also zufolge (6) das Quadrat von κ eine ganze Zahl von Ω_1 oder eines gewissen Ω_2 . Da weiter für S_2 die Coëfficienten β und γ gleich sind, so ist β^2 eine ganze Zahl desselben Körpers Ω , und dasselbe gilt demnach von:

$$\left(2 \cos \frac{\pi}{2m}\right)^2 = 2 \cos \frac{\pi}{m} + 2$$

und also auch von $2 \cos \frac{\pi}{m}$. Nun ist aber diese letztere Zahl die Wurzel einer in Ω_1 irreducibeln Gleichung des Grades $\frac{1}{2} \varphi(2m)$, unter $\varphi(k)$ in bekannter Art die Anzahl der modulo k incongruenten und gegen k relativ primen Zahlen verstanden. Soll aber $\frac{1}{2} \varphi(2m)$ gleich 1 oder 2 sein, so ist m auf die Werthe 2, 3, 4, 5, 6 eingeschränkt. Man kann auch noch den Grenzfall $m = \infty$ zufügen, wo $2 \cos \frac{\pi}{m}$ rational wird. Soll der Grad des Zahlenkörpers Ω_n nicht > 2 sein, so hat man m auf die sechs Werthe einzuschränken:

$$m = 2, 3, 4, 5, 6, \infty.$$

Diese sechs Fälle zerfallen in zwei Kategorien, wobei zur ersten 2, 3, ∞ , zur zweiten 4, 5, 6 gehören. In den drei ersten Fällen ist $\cos \frac{\pi}{m}$ rational, und also kann man hier zunächst den Körper Ω_1 oder irgend einen Körper Ω_2 willkürlich wählen. In den drei übrigen Fällen ist man in Folge des Werthes von $\cos \frac{\pi}{m}$ von vornherein auf je einen bestimmten Körper Ω_2 eingeschränkt; und zwar liegt für $m = 4$ der Körper von der Basis $[1, \sqrt{2}]$ oder, wie wir kurz sagen wollen, der Körper $[1, \sqrt{2}]$, für $m = 5$ der Körper $\left[1, \frac{1 + \sqrt{5}}{2}\right]$ und für $m = 6$ der Körper $[1, \sqrt{3}]$ vor.

Allgemein gilt nun folgende Ueberlegung, bei welcher wir die Coëfficienten von S_i , wie oben, kurz $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, \delta_i$ nennen. Da α_1 und δ_1 ganze algebraische Zahlen sind, so gilt dasselbe von $\kappa = \alpha_1 - \delta_1$. Zuzufolge (6) ist aber κ^2 eine Zahl im zu Grunde liegenden Körper Ω_n und also auch eine ganze Zahl in Ω_n . Da ferner β_2^2 eine ganze algebraische Zahl, und wegen $\beta_2 = \gamma_2$ zufolge (6) in Ω_n enthalten ist, so muss κ^2 in der Ω_n angehörenden ganzen Zahl $\left(2 \cos \frac{\pi}{2m}\right)^2$ aufgehen.

Ist dies der Fall, so ist β_2 und also auch $\alpha_2 = \sqrt{1 + \beta_2^2}$ eine ganze algebraische Zahl. Aber auch α_1 und δ_1 sind alsdann stets ganzzahlig; denn dies gilt von $(\alpha_1 + \delta_1)$ und $\alpha_1 \delta_1$. Es ist hiernach nothwendig, κ^2 als positive ganze, in $\left(2 \cos \frac{\pi}{2m}\right)^2$ aufgehende Zahl von Ω_n zu wählen, worauf die Coëfficienten von S_1 und S_2 durchweg ganze Zahlen sind. —

Wir untersuchen nun zunächst diejenigen Fälle, bei denen Ω_n der rationale Körper Ω_1 ist.

Je nachdem man $m = 2, 3$ oder ∞ nimmt, ist zu setzen:

$$\left(2 \cos \frac{\pi}{2m}\right)^2 = 2, 3 \text{ oder } 4.$$

Die Zahl κ^2 als positive ganze rationale Zahl ist im ersten Falle entweder gleich 1 oder 2, im zweiten Falle gleich 1 oder 3, im dritten gleich 1 oder 2 oder endlich 4 zu wählen.

Die oben formulirten Bedingungen der eigentlichen Discontinuität sind für $n = 1$ stets von selbst erfüllt. Nach dieser Richtung brauchen hier also keine besonderen Untersuchungen angestellt zu werden.

Den sieben genannten Werthen κ^2 correspondiren die folgenden sieben Substitutionssysteme:

$$\begin{aligned} 1) \quad S_1 &= \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{5}+1}{2}, 0 \\ 0, \frac{\sqrt{5}-1}{2} \end{pmatrix}, & S_2 &= \begin{pmatrix} \sqrt{3}, \sqrt{2} \\ \sqrt{2}, \sqrt{3} \end{pmatrix}, \\ 2) \quad S_1 &= \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{2}}, 0 \\ 0, \frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}, & S_2 &= \begin{pmatrix} \sqrt{2}, 1 \\ 1, \sqrt{2} \end{pmatrix}, \\ 3) \quad S_1 &= \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{5}+1}{2}, 0 \\ 0, \frac{\sqrt{5}-1}{2} \end{pmatrix}, & S_2 &= \begin{pmatrix} 2, \sqrt{3} \\ \sqrt{3}, 2 \end{pmatrix}, \\ 4) \quad S_1 &= \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{7}+\sqrt{3}}{2}, 0 \\ 0, \frac{\sqrt{7}-\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix}, & S_2 &= \begin{pmatrix} \sqrt{2}, 1 \\ 1, \sqrt{2} \end{pmatrix}, \\ 5) \quad S_1 &= \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{5}+1}{2}, 0 \\ 0, \frac{\sqrt{5}-1}{2} \end{pmatrix}, & S_2 &= \begin{pmatrix} \sqrt{5}, 2 \\ 2, \sqrt{5} \end{pmatrix}, \\ 6) \quad S_1 &= \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{3}+1}{\sqrt{2}}, 0 \\ 0, \frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix}, & S_2 &= \begin{pmatrix} \sqrt{3}, \sqrt{2} \\ \sqrt{2}, \sqrt{3} \end{pmatrix}, \\ 7) \quad S_1 &= \begin{pmatrix} \sqrt{2}+1, 0 \\ 0, \sqrt{2}-1 \end{pmatrix}, & S_2 &= \begin{pmatrix} \sqrt{2}, 1 \\ 1, \sqrt{2} \end{pmatrix}. \end{aligned}$$

Versuchen wir nun, in jedem dieser sieben Fälle die beiden Substitutionen S_1, S_2 dem Ansatz (6) mit einem und demselben Tripel unterzuordnen! Im ersten Falle lehrt der Vergleich der in S_1 und S_2 enthaltenen Quadratwurzeln mit denen in (6), dass jedenfalls $pr = 5$ und $pq = 6$ ist. Man muss somit $p = 1, q = 6, r = 5$ nehmen. Das einzelne Zahlentripel wollen wir kurz (p, q, r) schreiben, sowie den Typus der Substitution alsdann $(p_1, q_1, r_1; \nu)$. Dem Tripel $(1, 6, 5)$ ordnen sich nun wirklich beide Substitutionen im ersten Falle unter; und zwar liegt bei S_1 der Typus $(1, 1, 5; 2)$, bei S_2 aber $(1, 3, 1; 1)$ vor.

Im sechsten Falle findet man $pr = 3$ und $pq = 6$. Es ist somit hier fraglich, ob $p = 1$ oder $p = 3$ zu nehmen ist. Mit Rücksicht auf den Zusammenhang, in welchem die bei Ω_1 eintretenden Gruppen der Tripel (p, q, r) zur Theorie der ganzzahligen ternären indefiniten quadratischen Formen stehen¹⁾, ist es zweckmässig, p, q, r so zu fixiren, dass keine zwei unter diesen Zahlen einen gemeinsamen Theiler ausser 1 haben.

Es zeigt sich nun, dass sich die Substitutionenpaare S_1, S_2 in allen sieben Fällen dem Ansatz (6) unterordnen lassen. Die dabei zur Geltung kommenden Tripel (p, q, r) bzw. die bei S_1 und S_2 vorliegenden Typen sind:

1)	$(1, 6, 5)$	$(1, 1, 5; 2)$	$(1, 3, 1; 1)$
2)	$(1, 2, 3)$	$(1, 1, 3; \sqrt{2})$	$(1, 2, 1; 1)$
3)	$(1, 3, 5)$	$(1, 1, 5; 2)$	$(1, 1, 1; 1)$
4)	$(1, 2, 21)$	$(1, 1, 7; 2)$	$(1, 2, 1; 1)$
5)	$(5, 1, 1)$	$(5, 1, 1; 2)$	$(5, 1, 1; 1)$
6)	$(3, 2, 1)$	$(3, 1, 1; \sqrt{2})$	$(3, 1, 1; 1)$
7)	$(2, 1, 1)$	$(2, 1, 1; 1)$	$(2, 1, 1; 1)$

Durch das Bisherige ist nur erst bewiesen, dass bei den in Rede stehenden sieben Fällen die aus S_1 und S_2 zu erzeugende Gruppe des Vierecksnetzes jedesmal als Untergruppe in der Gruppe des zugehörigen Tripels (p, q, r) enthalten ist. Es wird sich indessen weiter unten zeigen, dass es sich hierbei stets um eine leicht definirbare Untergruppe des Index 2 bzw. 4 handelt. In diesem Sinne können wir den Satz aussprechen: *Unter allen oben in Ansatz gebrachten Gruppen von Kreisbogenvierecken giebt es im Ganzen nur sieben, welche sich vermöge des rationalen Körpers Ω_1 durch das oben entwickelte Bildungsgesetz arithmetisch definiren lassen; die hierbei zur Geltung kommenden Tripel (p, q, r) ganzer rationaler Zahlen sind die soeben unter 1) bis 7) namhaft gemachten.* —

¹⁾ Siehe hierüber die Notiz des Verfassers: „Ueber indefinite quadratische Formen mit 3 und 4 Variablen“, Gottinger Nachrichten 1893, Nr. 19.

Es bleibt nun die Discussion derjenigen Fälle, bei denen der zu Grunde liegende Körper Ω vom *zweiten* Grade ist. Wir bedienen uns hier der abkürzenden Schreibweise:

$$\lambda = 4 \cos^2 \frac{\pi}{2m}, \quad \mu = \kappa^2.$$

Den sechs für uns in Betracht kommenden Zahlen $m = 2, 3, 4, 5, 6, \infty$ entsprechen dann der Reihe nach folgende Zahlwerthe von λ :

$$\lambda = 2, 3, 2 + \sqrt{2}, \frac{5 + \sqrt{5}}{2}, 2 + \sqrt{3}, 4. \quad (10)$$

Die Substitutionen S_1 und S_2 nehmen die Gestalt an:

$$S_1 = \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{\mu+4} + \sqrt{\mu}}{2}, 0 \\ 0, \frac{\sqrt{\mu+4} - \sqrt{\mu}}{2} \end{pmatrix}, \quad S_2 = \begin{pmatrix} \sqrt{1 + \lambda\mu^{-1}}, \sqrt{\lambda\mu^{-1}} \\ \sqrt{\lambda\mu^{-1}}, \sqrt{1 + \lambda\mu^{-1}} \end{pmatrix}.$$

Der Vergleich dieser Substitutionen mit dem Ansatz (6) zeigt, dass $\mu(\mu+4)$, abgesehen von quadratischen Factoren mit pr , und dass $\lambda\mu^{-1}(1 + \lambda\mu^{-1})$ in demselben Sinne mit pq gleich sein muss. Man setze dieserhalb:

$$\mu(\mu+4) = prs^2, \quad \lambda\mu^{-1}(1 + \lambda\mu^{-1}) = pqt^2 \quad (11)$$

wobei s und t zwei Zahlen aus Ω_2 sind.

Hier treten nun die drei Bedingungen I, II und III der eigentlichen Discontinuität in Kraft. Die Bedingung I ist stets von selbst erfüllt; denn jeder Körper zweiten Grades und also auch jeder reelle Ω_2 ist mit seinem conjugirten Körper identisch. Die Bedingungen II und III kleiden sich auf Grund von (11) in die Gestalt:

$$\bar{\mu}(\bar{\mu}+4) < 0, \quad \bar{\lambda}\bar{\mu}^{-1}(1 + \bar{\lambda}\bar{\mu}^{-1}) < 0,$$

wenn wir unter $\bar{\lambda}$ und $\bar{\mu}$ die mit λ und μ conjugirten Zahlen verstehen. Da $\bar{\lambda}$ zufolge (10) positiv ist, so liefert die letzte Ungleichung, mit $\bar{\mu}^2$ multiplicirt, $\bar{\lambda} + \bar{\mu} < 0$. Zufolge der ersten Ungleichung ist aber $\bar{\mu} < 0$; es folgt also $\bar{\mu} + 4 > 0$. Ziehen wir die oben bereits über die Auswahl von $\kappa^2 = \mu$ gegebene Vorschrift wieder mit heran, so hat sich ergeben: *Man hat μ der Reihe nach mit allen in Ω_2 enthaltenen ganzen, in $\lambda = \left(2 \cos \frac{\pi}{2m}\right)^2$ aufgehenden Zahlen identisch zu setzen, für welche die Ungleichung erfüllt ist:*

$$\bar{\lambda} < -\bar{\mu} < 4 \quad (12)$$

Auf Grund dieser Bedingung sind zwei Fälle, nämlich $m = 6$ und $m = \infty$, von vornherein auszuschliessen. Im Falle $m = 6$ müsste nämlich μ eine Einheit von der Norm -1 sein. Eine solche Einheit giebt es aber im Körper $[1, \sqrt{3}]$ nicht, da (-1) quadratischer Nicht-

rest von 3 ist. Bei $m = \infty$ aber würde die Bedingung (12) die Form $4 < -\bar{\mu} < 4$ annehmen. Wir haben demnach nur noch die Fälle $m = 2, 3, 4, 5$ zu discutiren und beginnen mit den beiden letzteren, weil hier der Körper Ω_2 jedesmal eindeutig bestimmt ist. —

Bei $m = 4$ ist λ mit $\sqrt{2}$ associirt, und man bemerke, dass $\sqrt{2}$ Primzahl des Körpers $[1, \sqrt{2}]$ ist¹⁾. Es ist also μ entweder eine Einheit oder mit $\sqrt{2}$ associirt; und da die Norm von μ negativ sein muss, so hat man die beiden Möglichkeiten:

$$\mu = (-1 + \sqrt{2})^{2\sigma+1} \quad \text{und} \quad \mu = \sqrt{2} (-1 + \sqrt{2})^{2\sigma},$$

unter σ eine ganze rationale Zahl verstanden. Eine entsprechende Ueberlegung für den Fall $m = 5$ liefert:

$$\mu = \left(\frac{-1 + \sqrt{5}}{2}\right)^{2\sigma+1} \quad \text{und} \quad \mu = \sqrt{5} \left(\frac{-1 + \sqrt{5}}{2}\right)^{2\sigma}$$

Die Ungleichung (12) liefert nun in jedem dieser vier Fälle die brauchbaren Zahlen σ . Man wird nämlich zu folgenden vier Einschränkungen geführt:

$$\begin{aligned} 2 - \sqrt{2} &< (1 + \sqrt{2})^{2\sigma+1} < 4, \\ 2 - \sqrt{2} &< \sqrt{2} (1 + \sqrt{2})^{2\sigma} < 4, \\ \frac{5 - \sqrt{5}}{2} &< \left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2}\right)^{2\sigma+1} < 4, \\ \frac{5 - \sqrt{5}}{2} &< \sqrt{5} \left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2}\right)^{2\sigma} < 4. \end{aligned}$$

Die Weiterentwicklung dieser Ungleichungen ist sehr einfach. Man hat z. B. im ersten Falle:

$$\begin{aligned} \frac{\log(2 - \sqrt{2})}{\log(1 + \sqrt{2})} &< 2\sigma + 1 < \frac{\log 4}{\log(1 + \sqrt{2})}, \\ -0,6 \dots &< 2\sigma + 1 < 1,5 \dots, \end{aligned}$$

so dass für σ allein der Werth 0 brauchbar ist. In derselben Weise zeigt man, dass auch in den drei übrigen Fällen jedesmal nur der Werth $\sigma = 0$ brauchbar ist.

Die zugehörigen Werthe von μ liefern folgende vier weitere Substitutionenpaare:

$$8) \left\{ \begin{aligned} S_1 &= \left(\frac{\sqrt{3 + \sqrt{2}} + \sqrt{-1 + \sqrt{2}}}{2}, 0 \right), \\ &\left(0, \frac{\sqrt{3 + \sqrt{2}} - \sqrt{-1 + \sqrt{2}}}{2} \right), \\ S_2 &= \left((1 + \sqrt{2}) \sqrt{3 - \sqrt{2}}, (1 + \sqrt{2}) \sqrt{-1 + \sqrt{2}}, \sqrt{2 + \sqrt{2}} \right), \\ &\left((1 + \sqrt{2}) \sqrt{-1 + \sqrt{2}}, \sqrt{2 + \sqrt{2}}, (1 + \sqrt{2}) \sqrt{3 - \sqrt{2}} \right), \end{aligned} \right.$$

¹⁾ Cf. Dirichlet, *Vorlesungen über Zahlentheorie*, herausgegeben von R. Dedekind, S. 636 der 4. Aufl. (Braunschweig 1894).

$$9) S_1 = \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{1+2\sqrt{2}+1}}{\sqrt{2\sqrt{2}}}, 0 \\ 0, \frac{\sqrt{1+2\sqrt{2}-1}}{\sqrt{2\sqrt{2}}} \end{pmatrix}, S_2 = \begin{pmatrix} \sqrt{2+\sqrt{2}}, (1+\sqrt{2})\sqrt{-1+\sqrt{2}} \\ (1+\sqrt{2})\sqrt{-1+\sqrt{2}}, \sqrt{2+\sqrt{2}} \end{pmatrix},$$

$$10) \begin{cases} S_1 = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{7+\sqrt{5}}{2}} + \sqrt{\frac{-1+\sqrt{5}}{2}} \right), 0 \\ 0, \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{7+\sqrt{5}}{2}} - \sqrt{\frac{-1+\sqrt{5}}{2}} \right) \end{pmatrix}, \\ S_2 = \begin{pmatrix} \frac{3+\sqrt{5}}{2}, \frac{1+\sqrt{5}}{2} \sqrt{\sqrt{5}} \\ \frac{1+\sqrt{5}}{2} \sqrt{\sqrt{5}}, \frac{3+\sqrt{5}}{2} \end{pmatrix}, \end{cases}$$

$$11) S_1 = \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{4+\sqrt{5}} + \sqrt{\sqrt{5}}}{2}, 0 \\ 0, \frac{\sqrt{4+\sqrt{5}} - \sqrt{\sqrt{5}}}{2} \end{pmatrix}, S_2 = \begin{pmatrix} \frac{1+\sqrt{5}}{2}, \sqrt{\frac{1+\sqrt{5}}{2}} \\ \sqrt{\frac{1+\sqrt{5}}{2}}, \frac{1+\sqrt{5}}{2} \end{pmatrix}.$$

Was nun die Auffindung der hier zur Geltung kommenden Zahlen p , q , r angeht, so ist in jedem Falle durch S_1 und S_2 sowohl pr wie pq bis auf quadratische Factoren bestimmt. Wir werden, wie oben, p , q , r hieraus in der Art ablesen, dass keine dieser Zahlen durch ein Quadrat mit einer von ± 1 verschiedenen Norm theilbar ist, und dass keine zwei unter ihnen einen von einer Einheit verschiedenen Factor gemein haben. Der Natur der Sache nach bleiben aber hier die Zahlen p , q , r bis auf multiplicative Quadrate von Einheiten unbestimmt, und man kann in dieser Hinsicht in jedem Falle eine geeignet erscheinende Auswahl treffen.

Hiernach findet man bei den vier Substitutionenpaaren 8) bis 11) folgende Zahlentripel:

$$8) (-1 + \sqrt{2}, \sqrt{2}(1 + 2\sqrt{2}), 3 + \sqrt{2}), \quad 9) (1, \sqrt{2}, 1 + 2\sqrt{2}),$$

$$10) \left(1, \sqrt{5}, \frac{-1 + 3\sqrt{5}}{2}\right), \quad 11) \left(1, \frac{1 + \sqrt{5}}{2}, \sqrt{5}(4 + \sqrt{5})\right).$$

Die Typen der einzelnen Substitutionen S_1 , S_2 sind aber der Reihe nach angegeben durch:

$$8) \quad (1, 1, 3 + \sqrt{2}; 2), \quad (1, 3 - \sqrt{2}, 1; 1),$$

$$9) \quad (1, \sqrt{2}, 1 + 2\sqrt{2}; \sqrt{2\sqrt{2}}), \quad (1 + \sqrt{2}, \sqrt{2}, 1; 1),$$

$$10) \quad \left(1, 1, \frac{7 + \sqrt{5}}{2}; 2\right), \quad (1, 1, 1; 1),$$

$$11) \quad (1, 1, 4 + \sqrt{5}; 2), \quad (1, 1, 1; 1).$$

Als Ergebniss fassen wir zusammen: *Unter den zwei Systemen von je ∞^1 Vierecksgruppen Γ unserer Art mit $m = 4$ und 5 sind bei alleinigem Gebrauch quadratischer Körper Ω_2 insgesamt nur vier Gruppen nach der oben entwickelten Methode arithmetisch definirbar; die dabei in Kraft tretenden Tripel p, q, r sind die eben angegebenen. —*

Es folgt drittens die Discussion derjenigen Gruppen, welche bei $m = 2$ und $m = 3$ unter Gebrauch quadratischer Körper Ω_2 arithmetisch erklärt werden können. Es gilt hier zunächst, über die zu diesem Zwecke zulässigen Körper Ω_2 zu entscheiden.

Da in beiden fraglichen Fällen $\lambda = m$ ist, so wird:

$$m < -\bar{\mu} < 4 \tag{13}$$

die Bedingung der eigentlichen Discontinuität. Setzen wir nun ausführlich:

$$\mu = -t + u\sqrt{D} \text{ bzw. } \mu = \frac{-t + u\sqrt{D}}{2}$$

mit ganzen rationalen Zahlen t, u , je nachdem

$$D \equiv 2 \text{ oder } 3 \pmod{4} \text{ bzw. } D \equiv 1 \pmod{4}$$

zutrifft, so ist zunächst zu bemerken, dass $u > 0$ ist. Da nämlich die Norm $N = \mu\bar{\mu}$ von μ negativ ist, so ist $u\sqrt{D}$ absolut grösser als t . Wäre somit $u < 0$, so könnte nicht $\mu > 0$ sein.

Aus (13) ergibt sich:

$$\mu < -\frac{N}{m}, \quad -\bar{\mu} < 4.$$

Durch Addition dieser Ungleichungen folgt:

$$u\sqrt{D} < 2 - \frac{N}{2m} \text{ für } D \equiv 2, 3 \pmod{4},$$

$$u\sqrt{D} < 4 - \frac{N}{m} \text{ für } D \equiv 1 \pmod{4}.$$

Die rationale Primzahl m ist in Ω_2 entweder auch Primzahl oder Product zweier Primzahlen, die real oder ideal sein mögen. Für die Norm N haben wir somit die drei Fälle $N = -1, -m, -m^2$; und im letzten Falle ist μ mit m associirt und hat also den Factor m .

Der kleinste für u zulässige Werth ist nun 1 und im Falle $N = -m^2$ der Werth m selbst. Die letzten Ungleichungen liefern demnach obere Grenzen für \sqrt{D} , welche wir im Verein mit den ihnen zufolge zulässigen Werthen D hier tabellarisch zusammenstellen:

- I. $m = 2$: 1) $N = -1, \quad u\sqrt{D} < 2 + \frac{1}{4}$ bzw. $< 4 + \frac{1}{2}$,
 $D = 2, 3, \quad D = 5, 13, 17,$
- 2) $N = -2, \quad u\sqrt{D} < 2 + \frac{1}{2}$ bzw. < 5 ,
 $D = 2, 3, 6, \quad D = 5, 13, 17, 21,$
- 3) $N = -4, \quad u\sqrt{D} < 3$ bzw. < 6 ,
 $D = 2, \quad D = 5,$

- II. $m = 3$: 1) $N = -1$, $u\sqrt{D} < 2 + \frac{1}{6}$ bzw. $< 4 + \frac{1}{3}$,
 $D = 2, 3$, $D = 5, 13, 17$,
 2) $N = -3$, $u\sqrt{D} < 2 + \frac{1}{2}$ bzw. < 5 ,
 $D = 2, 3, 6$, $D = 5, 13, 17, 21$,
 3) $N = -9$, $u\sqrt{D} < 2 + \frac{3}{2}$ bzw. < 7 ,
 $D = 5$.

Von den hier aufgeführten Zahlen D ist nun eine Reihe als unbrauchbar auszuschliessen. Die Gleichung:

$$t^2 - Du^2 = N \quad \text{bzw.} \quad t^2 - Du^2 = 4N$$

erfordert, dass N bzw. $4N$ quadratischer Rest von D ist. Für $N = -1$ ist somit $D = 3$ auszuschliessen, für $N = -2$ aber $D = 5, 13, 21$ und für $N = -3$ endlich $D = 5, 17$. Für $N = -1$ ist auch $D = 17$ unbrauchbar, weil die niederste, die Gleichung $t^2 - 17u^2 = -4$ befriedigende Zahl $u = 2$ ist; für $u = 2$ aber ist die an \sqrt{D} zu stellende Forderung für $D = 17$ nicht mehr erfüllt. Endlich besitzt die Gleichung $t^2 - 2u^2 = -3$ keine ganzzahlige Lösung, da hier $t^2 \equiv 2u^2 \pmod{3}$ folgen würde, während doch t und u nicht zugleich durch 3 theilbar sein können.

Die hiernach allein zur Discussion zu stellenden Werthe von D sind die folgenden:

- I, 1. $D = 2, 5, 13$,
 I, 2. $D = 2, 3, 6, 17$,
 I, 3. $D = 2, 5$,
 II, 1. $D = 2, 5, 13$,
 II, 2. $D = 3, 6, 13, 21$,
 II, 3. $D = 5$.

Die beiden Fälle I, 1 und II, 1 lassen sich gemeinsam behandeln. Man hat hier, je nachdem man $D = 2, 5$ oder 13 nimmt, μ zu identificiren mit:

$$(-1 + \sqrt{2})^{2\sigma+1}, \quad \left(\frac{-1 + \sqrt{5}}{2}\right)^{2\sigma+1}, \quad \left(\frac{-3 + \sqrt{13}}{2}\right)^{2\sigma+1}.$$

Die Bedingung (13) der eigentlichen Discontinuität liefert hier folgende Ungleichungen:

$$\begin{aligned} D = 2, \quad m &< (1 + \sqrt{2})^{2\sigma+1} < 4, \\ D = 5, \quad m &< \left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2}\right)^{2\sigma+1} < 4, \\ D = 13, \quad m &< \left(\frac{3 + \sqrt{13}}{2}\right)^{2\sigma+1} < 4, \end{aligned}$$

deren Discussion man in der oben geschilderten Weise vollzieht. Es ergeben sich insgesamt nur drei Lösungen, nämlich für $m = 2$ ist $\sigma = 0$ bei $D = 2$ und $D = 13$ brauchbar, für $m = 3$ aber allein $\sigma = 0$ bei $D = 13$.

Die diesen drei Lösungen entsprechenden Substitutionenpaare S_1, S_2 sind die folgenden:

$$\begin{aligned}
 12) \quad & \left\{ \begin{aligned} S_1 &= \left(\frac{\sqrt{3 + \sqrt{2}} + \sqrt{-1 + \sqrt{2}}}{2}, 0 \right), \\ & \left(0, \frac{\sqrt{3 + \sqrt{2}} - \sqrt{-1 + \sqrt{2}}}{2} \right), \end{aligned} \right. \\
 & \left. S_2 = \left(\begin{aligned} & (1 + \sqrt{2}, (2 + \sqrt{2}) \sqrt{-1 + \sqrt{2}}) \\ & ((2 + \sqrt{2}) \sqrt{-1 + \sqrt{2}}, 1 + \sqrt{2}) \end{aligned} \right), \right. \\
 13) \quad & \left\{ \begin{aligned} S_1 &= \left(\frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{5 + \sqrt{13}}{2}} + \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{13}}{2}} \right), 0 \right), \\ & \left(0, \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{5 + \sqrt{13}}{2}} - \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{13}}{2}} \right) \right), \end{aligned} \right. \\
 & \left. S_2 = \left(\begin{aligned} & \left(\frac{3 + \sqrt{13}}{2} \sqrt{\frac{5 - \sqrt{13}}{2}}, \sqrt{2} \frac{3 + \sqrt{13}}{2} \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{13}}{2}} \right) \\ & \left(\sqrt{2} \frac{3 + \sqrt{13}}{2} \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{13}}{2}}, \frac{3 + \sqrt{13}}{2} \sqrt{\frac{5 - \sqrt{13}}{2}} \right) \end{aligned} \right), \right. \\
 14) \quad & \left\{ \begin{aligned} S_1 &= \left(\frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{5 + \sqrt{13}}{2}} + \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{13}}{2}} \right), 0 \right), \\ & \left(0, \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{5 + \sqrt{13}}{2}} - \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{13}}{2}} \right) \right), \end{aligned} \right. \\
 & \left. S_2 = \left(\begin{aligned} & \left(\frac{3 + \sqrt{13}}{2}, \frac{3 + \sqrt{13}}{2} \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{13}}{2}} \sqrt{3} \right) \\ & \left(\frac{3 + \sqrt{13}}{2} \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{13}}{2}} \sqrt{3}, \frac{3 + \sqrt{13}}{2} \right) \end{aligned} \right). \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

Die zu diesen Substitutionenpaaren gehörenden Zahlentripel p, q, r sind die folgenden:

$$\begin{aligned}
 12) \quad & (-1 + \sqrt{2}, 1, 3 + \sqrt{2}), \quad 13) \quad \left(\frac{-3 + \sqrt{13}}{2}, 5 - \sqrt{13}, \frac{5 + \sqrt{13}}{2} \right), \\
 & 14) \quad \left(\frac{-3 + \sqrt{13}}{2}, 3, \frac{5 + \sqrt{13}}{2} \right);
 \end{aligned}$$

als Typen der einzelnen Substitutionen S_1, S_2 aber hat man der Reihe nach:

$$\begin{aligned}
 12) \quad & (1, 1, 3 + \sqrt{2}; 2), \quad (1, 1, 1; 1), \\
 13) \quad & \left(1, 1, \frac{5 + \sqrt{13}}{2}; 2 \right), \quad \left(1, \frac{5 - \sqrt{13}}{2}, 1; 1 \right), \\
 14) \quad & \left(1, 1, \frac{5 + \sqrt{13}}{2}; 2 \right); \quad (1, 1, 1; 1).
 \end{aligned}$$

Bei der Untersuchung des Falles $N = -2$ beachte man, dass für $D = 2, 3$ und 6 die Zahl 2 in Ω_2 jeweils Product zweier associirter Primzahlen ist, während bei $D = 17$ die Zahl 2 Product zweier nicht associirter Primfactoren ist. Man hat demgemäss für μ hier insgesamt fünf Ansätze:

$$\mu = \sqrt{2} (-1 + \sqrt{2})^{2\sigma}, (-1 + \sqrt{3}) (2 - \sqrt{3})^\sigma, (-2 + \sqrt{6}) (5 - 2\sqrt{6})^\sigma, \\ \frac{-3 + \sqrt{17}}{2} (4 - \sqrt{17})^{2\sigma}, \quad \frac{3 + \sqrt{17}}{2} (4 - \sqrt{17})^{2\sigma}.$$

Die Discussion der Bedingung der eigentlichen Discontinuität zeigt, dass es hier im Ganzen nur zwei brauchbare Werthe μ giebt, nämlich:

$$\mu = -1 + \sqrt{3} \quad \text{und} \quad \mu = \frac{-3 + \sqrt{17}}{2}.$$

Die beiden correspondirenden Substitutionenpaare sind:

$$15) \quad \left\{ \begin{array}{l} S_1 = \left(\frac{\sqrt{3} + \sqrt{2 - \sqrt{3}}}{2} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{3}}, 0 \right), \\ \left(0, \frac{\sqrt{3} - \sqrt{2 - \sqrt{3}}}{2} \sqrt{1 + \sqrt{3}} \right), \\ S_2 = \left((2 + \sqrt{3}) \sqrt{2 - \sqrt{3}}, \sqrt{1 + \sqrt{3}} \right), \\ \left(\sqrt{1 + \sqrt{3}}, (2 + \sqrt{3}) \sqrt{2 - \sqrt{3}} \right), \end{array} \right.$$

$$16) \quad \left\{ \begin{array}{l} S_1 = \left(\frac{1}{2} (\sqrt{4 + \sqrt{17}} + 1) \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{17}}{2}}, 0 \right), \\ \left(0, \frac{1}{2} (\sqrt{4 + \sqrt{17}} - 1) \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{17}}{2}} \right), \\ S_2 = \left(\sqrt{4 + \sqrt{17}} \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{17}}{2}}, \sqrt{\frac{3 + \sqrt{17}}{2}} \right), \\ \left(\sqrt{\frac{3 + \sqrt{17}}{2}}, \sqrt{4 + \sqrt{17}} \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{17}}{2}} \right). \end{array} \right.$$

Die hier zu Grunde liegenden Zahlentripel (p, q, r) sind:

$$15) \quad (2 - \sqrt{3}, 1 + \sqrt{3}, \sqrt{3}), \quad 16) \quad (4 + \sqrt{17}, 2, 1);$$

und als Typen der Substitutionen wird man leicht feststellen:

$$15) \quad (1, 1 + \sqrt{3}, \sqrt{3}; 2), \quad (2 - \sqrt{3}, 1, 1; 1),$$

$$16) \quad \left(4 + \sqrt{17}, \frac{-3 + \sqrt{17}}{2}, 1; 2 \right), \quad \left(4 + \sqrt{17}, \frac{-3 + \sqrt{17}}{2}, 1; 1 \right).$$

Im Falle I, 3 haben wir anzusetzen:

$$\mu = 2 (-1 + \sqrt{2})^{2\sigma+1} \quad \text{und} \quad \mu = 2 \left(\frac{-1 + \sqrt{5}}{2} \right)^{2\sigma+1},$$

und es ist zu prüfen, inwieweit diese Zahlen der Bedingung (13) der eigentlichen Discontinuität genügen. Es zeigt sich in gewohnter Weise, dass dieser Bedingung nur im zweiten Falle, und zwar mit $\sigma = 0$ zu genügen ist. Man hat hier also einzig $\mu = -1 + \sqrt{5}$ zu setzen und findet als zugehöriges Substitutionenpaar:

$$17) \quad \left\{ \begin{array}{l} S_1 = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2} + \sqrt{\frac{-1 + \sqrt{5}}{2}} \right), 0 \right), \\ 0, \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2} - \sqrt{\frac{-1 + \sqrt{5}}{2}} \right) \right), \\ S_2 = \left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2}, \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \sqrt{\frac{-1 + \sqrt{5}}{2}} \right), \\ \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \sqrt{\frac{-1 + \sqrt{5}}{2}}, \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \end{array} \right.$$

Das correspondirende Zahlentripel (p, q, r) ist:

$$17) \quad \left(\frac{-1 + \sqrt{5}}{2}, 1, 1 \right),$$

und es handelt sich bei S_1 und S_2 um die Typen:

$$17) \quad (1, 1, 1; \sqrt{2}), \quad (1, 1, 1; 1).$$

Bei II, 2 ist vorab noch der Werth $D = 6$ auszuschalten. Die Gleichung $t^2 - 6u^2 = -3$ kann nämlich keine ganzzahlige Lösung t, u zulassen; denn es müsste t durch drei theilbar sein, und also nach Division der Gleichung durch 3 die Congruenz $2u^2 \equiv 1, \pmod{3}$ entspringen, die doch nicht bestehen kann.

Es bleiben daraufhin für μ die fünf Ansätze:

$$\sqrt{3} \cdot (2 - \sqrt{3})^\sigma, \frac{\pm 1 + \sqrt{13}}{2} \cdot \left(\frac{-3 + \sqrt{13}}{2} \right)^{2\sigma}, \frac{\pm 3 + \sqrt{21}}{2} \cdot \left(\frac{5 - \sqrt{21}}{2} \right)^\sigma.$$

Die Untersuchung der Ungleichung $3 < -\bar{\mu} < 4$ zeigt, dass hier wieder nur ein einziger Werth, nämlich $\frac{-3 + \sqrt{21}}{2}$, brauchbar ist.

Ihm entspricht das Substitutionenpaar:

$$18) \quad \left\{ \begin{array}{l} S_1 = \left(\frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{5 + \sqrt{21}}{2}} + \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{21}}{2}} \right), 0 \right), \\ 0, \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{5 + \sqrt{21}}{2}} - \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{21}}{2}} \right) \right), \\ S_2 = \left(\sqrt{\frac{5 + \sqrt{21}}{2}}, \sqrt{\frac{5 + \sqrt{21}}{2}} \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{21}}{2}} \right), \\ \sqrt{\frac{5 + \sqrt{21}}{2}} \sqrt{\frac{-3 + \sqrt{21}}{2}}, \sqrt{\frac{5 + \sqrt{21}}{2}} \end{array} \right.;$$

und man bemerkt sofort, dass hier das Zahlentripel:

$$18) \quad \left(\frac{-3 + \sqrt{21}}{2}, 1, \frac{5 + \sqrt{21}}{2} \right),$$

sowie die Substitutionentypen vorliegen:

$$18) \quad \left(1, 1, \frac{5 + \sqrt{21}}{2}; 2 \right), \quad \left(1, 1, \frac{5 + \sqrt{21}}{2}; 1 \right).$$

Für den letzten Fall II, 3 bleibt einzig $\mu = 3 \left(\frac{-1 + \sqrt{5}}{2} \right)^{2^o + 1}$.

Jedoch zeigt sich, dass hier die Forderung $3 < -\bar{\mu} < 4$ durch keine ganze Zahl σ zu befriedigen ist.

Es hat sich somit als Resultat ergeben, dass bei den Kreisbogen-
vierecken unserer Art mit den Winkelsummen π und $\frac{2\pi}{3}$ insgesamt
nur noch sieben Gruppen Γ bei alleinigem Gebrauch quadratischer
Körper Ω_2 der oben entwickelten arithmetischen Definition zugänglich
erscheinen.

Durch die vorstehenden Entwicklungen ist nur erst bewiesen,
dass die einzelne Vierecksgruppe Γ jedenfalls eine Untergruppe in der
jeweils correspondirenden Gesamtgruppe des Tripels (p, q, r) ist.
Die letztere Gruppe ist in der That auch in jedem Falle umfassender.

Dieselbe enthält nämlich die Substitution $\xi' = \frac{-1}{\xi}$, welche die Drehung
des Ausgangsvierecks um seinen bei $\xi = i$ gelegenen Mittelpunkt
durch den Winkel π darstellt; die genannte Substitution aber wird
uns vom Ansatz (6) geliefert, wenn wir den Typus $(1, q, r; 1)$ wählen
und die Werthe $a_1 = a_2 = a_4 = 0$, $a_3 = -$ eintragen.

Der Zusatz der eben genannten Substitution entspricht nun einer
in der Theorie der doppelperiodischen Functionen sehr bekannten
Gruppenerweiterung. In der That bringt man die am Eingang er-
wähnte Gruppe der Substitutionen:

$$\xi' = \xi + m_1 \omega_1 + m_2 \omega_2 \quad (14)$$

durch Zusatz der Operation $\xi' = -\xi$ auf die Gruppe aller Sub-
stitutionen:

$$\xi' = \pm \xi + m_1 \omega_1 + m_2 \omega_2,$$

in welcher jene erstere Gruppe, wie man sagt, eine „Untergruppe des
Index 2“ ist. Genau dieses Verhältniss liegt nun in 17 unter den 18
oben gefundenen Fällen zwischen der Gruppe des Vierecksnetzes und der-
jenigen des Zahlentripels (p, q, r) vor; jene ist eine (übrigens leicht
näher charakterisierbare) Untergruppe des Index 2 in dieser Gruppe. Nur
im Falle 7) handelt es sich um eine Untergruppe des Index 4. Das
Analogon innerhalb der Theorie der elliptischen Substitutionen besteht

in der für einen gewissen Specialfall möglichen Erweiterung der Gruppe (14) durch Zusatz von $\zeta' = \pm i \zeta$ und $\zeta' = -\zeta$ auf die Gruppe aller Substitutionen:

$$\zeta' = i^r \zeta + m_1 \omega_1 + m_2 \omega_2.$$

Die zum Beweise des formulirten Satzes dienenden Ueberlegungen sind bereits bei früheren Gelegenheiten¹⁾ durch den Verfasser veröffentlicht. Der hierbei wichtigste Gesichtspunkt besteht in der Verwerthung sogenannter ξ -Substitutionen *zweiter* Art (welche *indirecte* Kreisverwandtschaften darstellen) und in der Erweiterung der Gruppen durch Zusatz solcher Substitutionen. Doch wolle man das Nähere an der genannten Stelle nachsehen.

¹⁾ Siehe z. B. die Abhandlung „*Entwickelungen zur Transformation funfter und siebenter Ordnung einiger specieller automorpher Functionen*“, Acta mathematica Bd. 17, S. 345 (1893).

ABLEITUNG
DER
GLEICHGEWICHTSGLEICHUNG DER NADEL
IM
ROTATIONSINDUCTOR.

VON

H. WEBER.

Bei Gelegenheit der Wiederholung einer von mir früher ausgeführten Ohmbestimmung¹⁾ wurde die daselbst gegebene Ableitung der Gleichgewichtsgleichung einer im Mittelpunkte des rotirenden Inductors drehbar aufgestellten Magnethadel einer Revision unterzogen. Im Folgenden soll eine kürzere Ableitung dieser Gleichung gegeben werden.

Ist Π das Potential zur Zeit t der Wechselwirkung zwischen dem Inductor und dem magnetischen Felde, in welchem derselbe rotirt, wenn er von einem Strome, dessen Intensität der elektromagnetischen Einheit gleich kommt, durchflossen wird, ist ferner L der Coëfficient der Selbstinduction des in sich geschlossenen Inductors und i die in dem Leiter zur Zeit t wirklich vorhandene Stromintensität in elektromagnetischem Maasse, so gilt für die in demselben Zeitmoment während der Zeiteinheit inducirte elektromotorische Kraft e nach dem Gesetze der Erhaltung der Energie der Gleichung

$$e = \frac{d\Pi}{dt} - \frac{d(iL)}{dt},$$

oder da wir voraussetzen, dass der Leiter nur Aenderungen seiner Lage und nicht seiner Gestalt erleidet, wenn w den Widerstand des ganzen geschlossenen Inductordrahtes bedeutet,

$$e = \frac{d\Pi}{dt} - \frac{L}{w} \frac{de}{dt},$$

woraus sich

$$e = \text{Const.} \cdot e^{-\frac{w}{L}t} + \frac{w}{L} e^{-\frac{w}{L}t} \int e^{\frac{w}{L}t} \frac{d\Pi}{dt} dt$$

ergiebt, oder wenn vorausgesetzt wird, dass der Inductor sich schon längere Zeit in Drehung befindet,

$$e = \frac{w}{L} e^{-\frac{w}{L}t} \int e^{\frac{w}{L}t} \frac{d\Pi}{dt} dt.$$

Wir setzen voraus, dass der Inductor aus einer Anzahl neben einander und über einander liegender Kreisringe, welchen die gleiche Axe zukommt, d. h. aus einer Rolle bestehe. Dann ist der Induc-

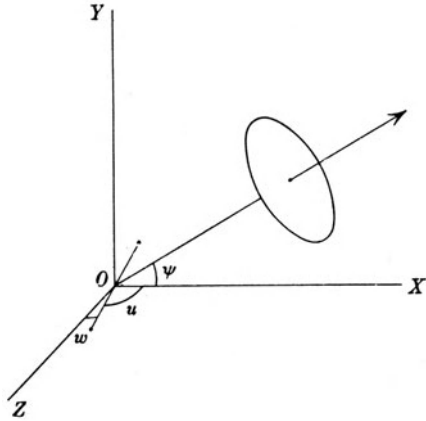
¹⁾ Der Rotationsinductor, seine Theorie und seine Anwendung zur Bestimmung des Ohm in absoluten Maassen. Leipzig, B. G. Teubner, 1882.

tionscoëfficient bei Vernachlässigung der Induction jedes einzelnen Ringes auf sich selbst definirt durch

$$L = \Sigma \int \int \frac{\cos (d s_k d s_h)}{r_{kh}} d s_k d s_h,$$

wobei die Summe über die Combinationen der Ringe zu je zwei zu erstrecken ist. Die Rolle (in Fig. 1 durch einen einzigen Ring an-

Fig. 1.



gedeutet) drehe sich um eine horizontale Axe, welche die Rollachse in einem Punkte O unter rechtem Winkel schneidet. Die von diesem Schnittpunkte ausgehende Richtung der Rollachse werde als positiv gerechnet.

Der Schnittpunkt O bilde zugleich den Anfangspunkt eines rechtwinkligen Coordinatensystems XYZ , dessen Z -Axe mit der horizontalen Drehungsaxe zusammenfällt und dessen X -Axe gleichfalls in der

Horizontalebene liege. Dabei soll die positive Richtung der Z -Axe so gewählt sein, dass dieselbe mit der Richtung von Fuß zu Kopf einer Person zusammenfällt, welche, in O senkrecht auf der XY -Ebene stehend, mit dem Gesicht in den positiven Winkelraum schauend, die positive X -Axe zur Rechten hat.

Die Drehung der Rolle um die Z -Axe erfolge gleichförmig und in dem Sinne von der positiven X -Axe nach der positiven Y -Axe. Der Winkel, welchen die positive Richtung der Rollachse zur Zeit t mit der X -Axe bildet, werde durch ψ bezeichnet. Endlich werde als positive Richtung in den Ringen der Rolle die Richtung von rechts über vorn nach links einer Person angenommen, welche sich im Centrum eines Ringes so aufstellt, dass die Richtung von Fuß zu Kopf mit der positiven Richtung der Rollachse zusammenfällt.

Bezeichnen wir die constante Winkelgeschwindigkeit bei der Drehung der Rolle um die Z -Axe durch ω und rechnen die Zeit von dem Augenblick an, wo die positive Richtung der Rollachse mit der X -Axe zusammenfällt, so ist

$$\frac{d\psi}{dt} = \omega, \quad t = \frac{\psi}{\omega}.$$

Demnach wird, da

$$\frac{d\Pi}{dt} = \frac{\partial \Pi}{\partial \psi} \omega$$

ist,

$$c = \frac{w}{L} e^{-\frac{w}{L\omega}\psi} \int e^{\frac{w}{L\omega}\psi} \frac{\partial \Pi}{\partial \psi} \partial \psi.$$

Es sei nun ein in der ZX -Ebene drehbarer Magnet vorhanden, dessen Mitte mit dem Anfangspunkte des Coordinatensystems zusammenfalle, und dessen magnetische Axe, vom Süd- zum Nordpol positiv gerechnet, in der ZX -Ebene liege und mit der X - und Z -Axe die Winkel u und w einschliesse. Ferner wirke auf die Rolle der Erdmagnetismus ein, dessen Krafrichtung mit den Axen die Winkel U , V , W bilde.

Das magnetische Feld, in welchem die Rolle sich bewegt, wird alsdann durch zwei Ursachen erzeugt, einmal durch den Erdmagnetismus und sodann durch den Magnet. Demgemäss setzt sich auch das Gesamtpotential Π , welches der durch den Strom Eins durchflossenen Rolle zur Zeit t dem magnetischen Felde gegenüber zukommt, aus zwei Theilen Π_1 und Π_2 zusammen, von denen der erstere vom Erdmagnetismus, der letztere von dem Magneten herrührt. Man hat daher für die elektromotorische Kraft zur Zeit t

$$e = \frac{w}{L} e^{-\frac{w}{Lw}\psi} \int e^{\frac{w}{Lw}\psi} \left(\frac{\partial \Pi_1}{\partial \psi} + \frac{\partial \Pi_2}{\partial \psi} \right) d\psi.$$

Das Drehungsmoment, welches der inducirte Strom auf den Magnet in der ZX -Ebene in der Richtung von Z nach X zur Zeit t ausübt, ergibt sich durch Differentiation aus dem Potentiale Π_2 , nämlich

$$-i \frac{\partial \Pi_2}{\partial w} = -\frac{e}{w} \frac{\partial \Pi_2}{\partial w},$$

oder, indem man für e den gefundenen Werth einsetzt

$$-\frac{1}{L} \frac{\partial \Pi_2}{\partial w} e^{-\frac{w}{Lw}\psi} \int e^{\frac{w}{Lw}\psi} \left(\frac{\partial \Pi_1}{\partial \psi} + \frac{\partial \Pi_2}{\partial \psi} \right) d\psi.$$

Endlich findet sich für das mittlere Drehungsmoment D , welches bei einer ganzen Umdrehung der Rolle um die X -Axe auf die Nadel in der ZX -Ebene ausgeübt wird

$$D = -\frac{1}{2\pi L} \int_0^{2\pi} \frac{\partial \Pi_2}{\partial w} e^{-\frac{w}{Lw}\psi} d\psi \int e^{\frac{w}{Lw}\psi} d\psi \left(\frac{\partial \Pi_1}{\partial \psi} + \frac{\partial \Pi_2}{\partial \psi} \right).$$

Um das Drehungsmoment D wirklich darzustellen, ist die Kenntniss der Functionen Π_1 und Π_2 erforderlich.

Um das Potential Π_1 der von dem Strome Eins durchflossenen Rolle bezüglich des Erdmagnetismus zu finden, legen wir durch einen der Ringe, aus denen sich die Rolle zusammensetzt, eine Ebene. Es bezeichne do ein Flächenelement der Ringfläche und XYZ die Componenten der erdmagnetischen Kraft auf die nordmagnetische Menge Eins an der Stelle do , endlich seien α' , β' , γ' die Richtungscosinus der positiven Normale auf der betrachteten Ringfläche, indem wir unter „positiver Normale“ die Richtung von Fuss zu Kopf einer Person verstehen, welche auf der Ringfläche sich so aufgestellt hat, dass die positive

Richtung der Begrenzungscurve mit der Richtung von rechts über vorn nach links zusammenfällt. Alsdann ist

$$\Pi_1 = - \Sigma \int (X\alpha' + Y\beta' + Z\gamma') do,$$

wo das Summenzeichen sich auf sämtliche Ringflächen des Inductors bezieht.

Die Componenten X, Y, Z besitzen an allen Punkten der Ringflächen und in allen Lagen, welche die Rolle bei der Rotation um die Z -Axe annehmen kann, constante Werthe, und ebenso fällt die Richtung der positiven Normale für alle Elemente do mit der Richtung der Rollennaxe zusammen. Bezeichnet man daher mit F die Summe aller Ringflächen der Rolle, so ergibt sich

$$\Pi_1 = - F (X\alpha' + Y\beta' + Z\gamma').$$

Bedeutet ferner K die erdmagnetische Kraft und sind UVW die Winkel, welche ihre Richtung mit den Coordinatenaxen einschliesst, so ist

$$\begin{aligned} X &= K \cos U, & Y &= K \cos V, & Z &= K \cos W \\ \alpha' &= \cos \psi, & \beta' &= \sin \psi, & \gamma' &= 0, \end{aligned}$$

daher hat man

$$\Pi_1 = - KF (\cos U \cos \psi + \cos V \sin \psi).$$

Das Potential Π_2 der Rolle bezüglich des Magneten findet sich aus dem Potentiale V eines vom Strome Eins durchflossenen Ringes auf den Nordpol des Magneten, in dem die nordmagnetische Menge μ^1 concentrirt sei, wie folgt:

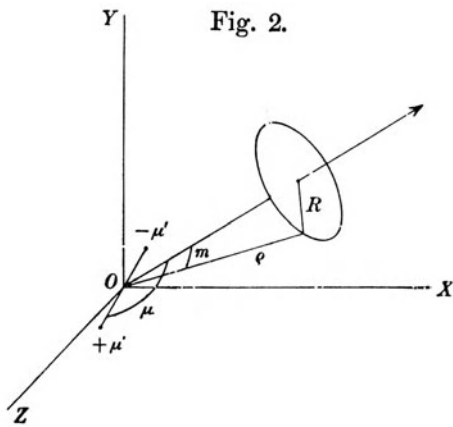
Wir setzen voraus, dass sämtliche Ringe des Inductors einen Durchmesser besitzen, welcher erheblich grösser als der Polabstand des Magneten ist, dann folgt, dass der Abstand ϱ , Fig. 2, des Peripheriepunktes irgend eines Ringes stets grösser als der halbe Polabstand λ sein muss. Für das Potential eines

Kreisstromes auf den Nordpol des Magneten ergibt sich dann¹⁾:

$$V = - 2 \pi \mu' \left\{ 1 - m + (1 - m^2) \sum_1^{\infty} \frac{1}{n} \left(\frac{\lambda}{\varrho} \right)^n P_n^{(n)} \frac{\partial P_m^{(n)}}{\partial m} \right\}.$$

Hierin bedeutet m den Cosinus des Winkels zwischen der Verbindungslinie von O mit einem Peripheriepunkte des Ringes und der

¹⁾ F. Neumann, Vorlesungen über die Theorie des Magnetismus, S. 91, Formel (9).



positiven Richtung der Rollenaxe und μ den Cosinus des Winkels zwischen der magnetischen Axe und der Rollenaxe. $P_\mu^{(n)}$ und $P_m^{(n)}$ sind Kugelfunctionen mit den Argumenten μ und m .

Für das Potential eines Kreisstromes von der Intensität Eins auf den ganzen Magneten, wenn das Moment des letzteren durch M bezeichnet wird, folgt hieraus ¹⁾:

$$- 2 \pi M \frac{1 - m^2}{\varrho} \sum_0^\infty \frac{1}{2n + 1} \left(\frac{\lambda}{\varrho}\right)^{2n} P_\mu^{(2n+1)} \frac{\partial P_m^{(2n+1)}}{\partial m}.$$

Begnügt man sich bei dieser Reihenentwicklung mit den beiden ersten Gliedern, was gestattet ist, wenn das Verhältniss $\frac{\lambda}{\varrho}$ geeignet gewählt wird, so erhält man unter Berücksichtigung des Werthes

$$\frac{\partial P_m^{(n)}}{\partial m} = \frac{1, 3, 5 \dots 2n - 1}{1, 2, 3 \dots n} \left\{ n m^{n-1} - \frac{n \cdot n - 1 \cdot n - 2}{2 \cdot 2n - 1} m^{n-3} + \dots \right\}$$

für das Potential den Ausdruck

$$- 2 \pi M \left\{ \frac{1 - m^2}{\varrho} P_\mu^{(1)} + \frac{1}{2} \left(\frac{\lambda}{\varrho}\right)^2 \frac{(5m^2 - 1)(1 - m^2)}{\varrho} P_\mu^{(3)} \right\}.$$

Drückt man endlich m und ϱ durch den Abstand e des Ringmittelpunktes vom Anfangspunkte O und durch den Radius R aus, setzt also

$$m = \frac{e}{\sqrt{e^2 + R^2}}, \quad \varrho = \sqrt{e^2 + R^2},$$

führt ferner für $P_\mu^{(1)}$ und $P_\mu^{(3)}$ ihre Werthe

$$P_\mu^{(1)} = \mu, \quad P_\mu^{(3)} = \frac{1, 3, 5}{1, 2, 3} \left(\mu^3 - \frac{3 \cdot 2}{2 \cdot 5} \mu \right)$$

ein und summirt über sämmtliche Ringe des Inductors, so findet sich

$$\Pi_2 = - 2 \pi M \left\{ A \mu - \lambda^2 B \left(\frac{\mu^3}{3} - \frac{\mu}{5} \right) \right\},$$

¹⁾ Man erhält das Potential auf den Sudpol, indem man $-\mu'$ und $-\mu$ für μ' und μ in den Ausdruck V einführt. Das Potential auf den Magneten wird dann

$$= - 2 \pi \mu' (1 - m^2) \sum_1^\infty \frac{1}{n} \left(\frac{\lambda}{\varrho}\right)^n \frac{\partial P_m^{(n)}}{\partial m} (P_\mu^{(n)} - P_{-\mu}^{(n)}),$$

da aber

$$P_{-\mu}^{(n)} = + P_\mu^{(n)} \text{ für } n \text{ gerade,}$$

$$P_{-\mu}^{(n)} = - P_\mu^{(n)} \text{ für } n \text{ ungerade}$$

ist, so fallen alle Glieder mit geraden n fort, und man erhält

$$- 4 \pi \mu' (1 - m^2) \sum_0^\infty \frac{1}{2n + 1} \left(\frac{\lambda}{\varrho}\right)^{2n+1} \frac{\partial P_m^{(2n+1)}}{\partial m} P_\mu^{(2n+1)},$$

woraus sich, da $2\lambda\mu' = M$ ist, der obige Ausdruck ergibt.

$$\text{wo } A = \sum^e \sum^R \frac{R^2}{[e^2 + R^2]^{3/2}}, \quad B = \frac{15}{4} \sum^e \sum^R \frac{(R^2 - 4e^2) R^2}{[e^2 + R^2]^{5/2}}.$$

Beachtet man endlich, dass die Richtungscosinus

$$\begin{array}{llll} \text{der Rollenaxe} & \dots & \cos \psi & \sin \psi & 0 \\ \text{der magnetischen Axe} & & \sin w & 0 & \cos w \end{array}$$

sind, so hat man

$$\mu = \cos \psi \sin w$$

und demnach

$$\Pi_2 = -2\pi M \left\{ A \cos \psi \sin w - \lambda^2 B \left(\frac{\cos \psi^3 \sin w^3}{3} - \frac{\cos \psi \sin w}{5} \right) \right\}.$$

A und B sind Constanten des Inductors, welche für den Fall, dass letzterer aus wenigen Umwindungen besteht, am genauesten durch directe Abmessungen erhalten werden. Besteht dagegen der Inductor aus vielen Umwindungen eines dünnen Drahtes, und kann man annehmen, dass die Umwindungen als Kreisringe aufgefasst werden dürfen, welche zur Rollenaxe parallele und verticale Schichten bilden, so kann man die Doppelsummen nach Euler durch Doppelintegrale ausdrücken und A und B aus den Dimensionen der Rolle berechnen.

Besteht der Inductor aus zwei coaxialen Rollen von gleicher Grösse und Wickelung, deren Mittelpunkte den Abstand $2a$ von einander besitzen, und liegt die Nadelmitte zwischen den beiden Rollen auf deren Axe in dem Abstände a vom Mittelpunkte jeder Rolle, bildet ferner der Durchschnitt jeder Rolle mit einer durch die Rollenaxe gelegten Ebene zwei Rechtecke von der Höhe h und der Länge $2l$, so dass, wenn ϱ und ϱ_0 die Radien zweier Cylinder sind, welche die ausserste und innerste Windungsschicht berühren, $\varrho - \varrho_0 = h$ ist, enthält endlich jede Rolle n Umwindungen, so ergibt sich alsdann

$$\begin{aligned} A &= \frac{n}{hl} \left\{ (a+l) \lg \text{nat} \frac{\varrho + \sqrt{\varrho^2 + (a+l)^2}}{\varrho_0 + \sqrt{\varrho_0^2 + (a+l)^2}} \right. \\ &\quad \left. - (a-l) \lg \text{nat} \frac{\varrho + \sqrt{\varrho^2 + (a-l)^2}}{\varrho_0 + \sqrt{\varrho_0^2 + (a-l)^2}} \right\} \\ B &= \frac{5}{4} \frac{n}{hl} \left\{ \frac{1}{a+l} \frac{\varrho^3}{[\varrho^2 + (a+l)^2]^{3/2}} - \frac{1}{a+l} \frac{\varrho_0^3}{[\varrho_0^2 + (a+l)^2]^{3/2}} \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{a-l} \frac{\varrho^3}{[\varrho^2 + (a-l)^2]^{3/2}} + \frac{1}{a-l} \frac{\varrho_0^3}{[\varrho_0^2 + (a-l)^2]^{3/2}} \right\}. \end{aligned}$$

Mit Hülfe der gefundenen Werthe von Π_1 und Π_2 lassen sich die Integrationen im Ausdrücke für das Drehungsmoment D ausführen. Es ergibt sich

$$\begin{aligned} \int_0^{2\pi} \frac{\partial \Pi_2}{\partial w} e^{-\frac{w}{L\omega} \psi} d\psi \int e^{\frac{w}{L\omega} \psi} \frac{\partial \Pi_1}{\partial \psi} d\psi &= \frac{2\pi^2 M K F \cos w}{1 + \left(\frac{w}{L\omega}\right)^2} \\ \left[A - \lambda^2 B \left(\frac{3}{4} \sin w^2 - \frac{1}{5} \right) \right] \left[\cos U + \frac{w}{L\omega} \cos V \right] \end{aligned}$$

$$\int_0^{2\pi} \frac{\partial \Pi_2}{\partial w} e^{-\frac{w}{L\omega} \psi} d\psi \int e^{\frac{w}{L\omega} \psi} \frac{\partial \Pi_2}{\partial \psi} d\psi = \frac{4\pi^3 M^2 \sin w \cos w}{1 + \left(\frac{w}{L\omega}\right)^2}$$

$$\cdot \left\{ \left[A - \lambda^2 B \left(\frac{3}{4} \sin w^2 - \frac{1}{5} \right) \right] \left[A - \lambda^2 B \left(\frac{1}{4} \sin w^2 - \frac{1}{5} \right) \right] \right.$$

$$\left. + 3 \left(\frac{\lambda^2 B \sin w^2}{4} \right)^2 \frac{1 + \left(\frac{w}{L\omega}\right)^2}{9 + \left(\frac{w}{L\omega}\right)^2} \right\}$$

und nach einigen einfachen Reductionen

$$D = - \frac{\pi M \omega}{1 + \left(\frac{L\omega}{w}\right)^2} \frac{\cos w}{w} \left\{ KF \left[A - \lambda^2 B \left(\frac{3}{4} \sin w^2 - \frac{1}{5} \right) \right] \left[\frac{L\omega}{w} \cos U + \cos V \right] \right.$$

$$+ 2\pi M \sin w \frac{L\omega}{w} \left[\left(A - \lambda^2 B \left(\frac{3}{4} \sin w^2 - \frac{1}{5} \right) \right) \left(A - \lambda^2 B \left(\frac{1}{4} \sin w^2 - \frac{1}{5} \right) \right) \right.$$

$$\left. \left. + 3 \left(\frac{\lambda^2 B \sin w^2}{4} \right)^2 \frac{1 + \left(\frac{L\omega}{w}\right)^2}{1 + \left(\frac{3L\omega}{w}\right)^2} \right] \right\}.$$

Fällt die Drehungsaxe des Inductors, d. h. die positive Z -Axe mit der Richtung des magnetischen Meridians zusammen, und setzt man voraus, dass auch die magnetische Axe der Nadel im Meridian liegt, so ist in diesem Falle, wenn i die Inclination bezeichnet,

$$w = 0, \quad U = 90^\circ, \quad V = 90 + i$$

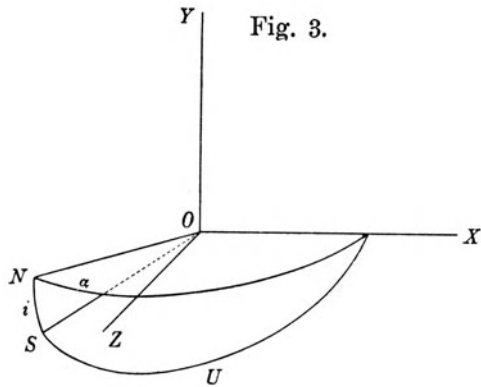
und folglich das durch den rotirenden Inductor auf die Nadel ausgeübte Drehungsmoment

$$D = + \frac{\pi M \omega}{1 + \left(\frac{L\omega}{w}\right)^2} \frac{1}{w} \left\{ KF \left(A + \frac{\lambda^2 B}{5} \right) \sin i \right\},$$

woraus hervorgeht, dass die Nadel durch das Drehungsmoment in der Richtung von der positiven Z -Axe nach der positiven X -Axe gedreht wird. Die Drehung der Nadel erfolgt in entgegengesetztem Sinne, wenn der Inductor entgegengesetzt, d. h. in der Richtung von der Y -Axe nach der X -Axe gedreht wird.

Es möge nun vorausgesetzt werden, dass die Inductoraxe anfänglich die soeben besprochene Lage besitzt und die Nadel an einem Faden aufgehängt sei, welcher torsionslos ist, wenn ihre magnetische Axe sich im Meridian befindet, dann stellt sich bei ruhendem Inductor die Nadel von selbst in den Meridian ein, bei rotirendem Inductor (in der Rich-

tung von der X - zur Y -Axe) dagegen erfährt die Nadel eine Ablenkung in dem Sinne von der Z - zur X -Axe. Dreht man sodann



den Inductor um die Y -Axe der Nadel um einen Winkel α nach, so dass der Winkel w , welchen die Drehungsaxe OZ des Inductors in dieser abgelenkten Stellung mit der magnetischen Axe der Nadel einschliesst, sehr klein ist, so ergibt sich aus Fig. 3, wo OS die Richtung der ganzen erdmagnetischen Kraft, ON diejenige der horizontalen Componente H darstellt,

$$\cos U = \cos (90 + \alpha) \quad \cos i = -\sin \alpha \cos i,$$

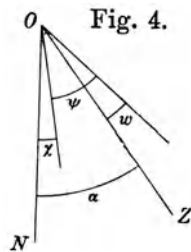
$$\cos V = \cos (90 + i) \quad = -\sin i,$$

$$K = \frac{H}{\cos i}.$$

Das Drehungsmoment, welches der rotirende Inductor bei dieser abgelenkten Lage der Drehungsaxe auf die Nadel ausübt, wird hiernach

$$D = \frac{\pi M \omega}{1 + \left(\frac{L \omega}{m}\right)^2} \frac{\cos w}{m} \left\{ HF \left(A - \lambda^2 B \left(\frac{3}{4} \sin w^2 - \frac{1}{5} \right) \right) \left(\operatorname{tg} i + \frac{L \omega}{m} \sin \alpha \right) \right. \\ \left. - 2 \pi M \sin w \frac{L \omega}{m} \left[\left(A - \lambda^2 B \left(\frac{3}{4} \sin w^2 - \frac{1}{5} \right) \right) \left(A - \lambda^2 B \left(\frac{1}{4} \sin w^2 - \frac{1}{5} \right) \right) \right. \right. \\ \left. \left. + 3 \left(\frac{\lambda^2 B \sin w^2}{4} \right)^2 \frac{1 + \left(\frac{L \omega}{m}\right)^2}{1 + \left(\frac{3 L \omega}{m}\right)^2} \right] \right\}.$$

Diesem Drehungsmoment entgegengesetzt wirken noch zwei andere Drehungsmomente auf die Nadel ein, welche von der horizontalen



Componente H und der Torsion herrühren. Wenn der Aufhängepunkt der Nadel an der Drehung, welche der Inductor um die Y -Axe erfährt, theilnimmt, wie vorausgesetzt werden soll, so ist in der abgelenkten Lage der Faden ohne Torsion, wenn die Nadel in der Z -Axe gelegen, d. h. der Winkel $w = 0$ ist. Ist χ der Winkel, unter dem sich die Nadel gegen den Meridian ON einstellt, Fig. 4, wenn sich die Drehungsaxe in

der abgelenkten Lage OZ befindet, der Inductor aber nicht rotirt, ist ψ der Winkel zwischen dieser Ruhelage der Nadel und derjenigen

bei rotirendem Inductor, und haben α und w die früher angegebene Bedeutung, so ist zum Gleichgewicht erforderlich, dass

$$HM [\sin (\chi + \psi) + \theta w] = D$$

ist, wenn θ den Torsionscoëfficienten in Theilen von HM bezeichnet.

Für die Gleichgewichtslage aber, welche die Nadel bei abgelenkter Drehungsaxe und ruhendem Inductor einnimmt, gilt die Gleichung

$$HM \sin \chi = HM \theta (\psi - w),$$

woraus sich

$$\chi = \theta (\psi - w)$$

ergiebt. Die obige Gleichung nimmt daher die Gestalt an

$$HM (\sin [(1 + \theta) \psi - \theta w] + \theta w) = D.$$

Endlich findet sich auch

$$\begin{aligned} \alpha &= \psi - w + \chi \\ &= (1 + \theta) (\psi - w). \end{aligned}$$

Setzt man schliesslich den Werth von D und α in die obige Gleichung ein und löst dieselbe nach w auf, so erhält man

$$\begin{aligned} w &= \frac{\pi \omega}{1 + \left(\frac{L\omega}{w}\right)^2} \frac{\cos w}{\sin [(1 + \theta) \psi - \theta w] + \theta w} \\ &\left\{ F \left(A - \lambda^2 B \left(\frac{3}{4} \sin w^2 - \frac{1}{5} \right) \right) \left(tgi + \frac{L\omega}{w} \sin [(1 + \theta) (\psi - w)] \right) \right. \\ &- 2\pi \frac{M}{H} \frac{L\omega}{w} \sin w \left[\left(A - \lambda^2 B \left(\frac{3}{4} \sin w^2 - \frac{1}{5} \right) \right) \left(A - \lambda^2 B \left(\frac{1}{4} \sin w^2 - \frac{1}{5} \right) \right) \right. \\ &\left. \left. + 3 \left(\frac{\lambda^2 B \sin w^2}{4} \right)^2 \frac{1 + \left(\frac{L\omega}{w}\right)^2}{1 + \left(\frac{3L\omega}{w}\right)^2} \right] \right\}. \end{aligned}$$

Ist w sehr klein, so können alle Glieder, welche $\sin w^2$ zum Factor haben, vernachlässigt werden. Man erhält dann den einfacheren Ausdruck

$$w = \frac{\pi \omega}{1 + \left(\frac{L\omega}{w}\right)^2} \frac{A + \frac{\lambda^2 B}{5}}{\sin [(1 + \theta) \psi - w] + \theta w} \cos w$$

$$\left\{ \left(tgi + \frac{L\omega}{w} \sin [(1 + \theta) (\psi - w)] \right) F - 2\pi \frac{M}{H} \frac{L\omega}{w} \left(A + \frac{\lambda^2 B}{5} \right) \sin w \right\},$$

aus welchem w in absolutem Maasse gefunden wird, wenn alle Grössen auf der rechten Seite dieser Gleichung durch Beobachtung festgestellt sind.

ÜBER DIE FORTSCHREITENDE
GESCHWINDIGKEIT VON WELLEN
MIT EINER
LONGITUDINALEN SCHWINGUNG DER ELEMENTE.

VON

M. MÖLLER.

1. Die ältere und die neuere Formel für Longitudinalwellen.

Die Geschwindigkeit v von Wellen, denen eine Longitudinalschwingung der Elemente zu Grunde liegt, berechnete man bisher nach den Formeln:

Gleichung I: $v = \sqrt{gt}$ für Oberflächenwellen auf Flüssigkeiten und

Gleichung II: $v = \sqrt{1,4gh}$ für die Schallwellen in der Luft.

Hierin bedeuten t die Tiefe der durch die Wellen erregten Wasserschicht und h die Druckhöhe der Luft, am Orte der Schallwelle gemessen. Unter Druckhöhe ist die Höhendimension einer Luftsäule verstanden, deren Gewicht dem Luftdruck entsprechen würde; wobei in der Säule überall die nämliche Dichte vorausgesetzt wird, welche am Orte des Auftretens der Schallwelle vorhanden ist (vergl. Wüllner's Lehrbuch der Experimentalphysik, S. 532). In der Ingenieurwissenschaft pflegt man Pressungen mit Vorliebe so durch Druckhöhen darzustellen, weil durch dieses Hülfsmittel eine leichtere Veranschaulichung der zwischen Druckunterschied und Bewegung bestehenden Beziehungen erreicht wird. Es entsprechen einander in obigen Formeln t die Verticaldimension der wellenerregten Wasserschicht und h die Druckhöhe der Luftschicht. Für die Schallwelle der Luft ist der Coëfficient 1,4 noch hinzugetreten. Die Bedeutung dieses bekannten Coëfficienten der mechanischen Wärmelehre ist im Ausgange des Abschnittes 4 erörtert.

Für die Wasserwelle, insbesondere die Fluthwelle, hat sich gezeigt, dass der Werth t für verschiedene Wellenpunkte eine verschiedene Bedeutung habe. Es ist nicht t die mittlere Wassertiefe des Gewässers, sondern der für die Berge grössere, für die Wasseroberfläche in den Thälern kleinere Werth der Tiefe. Es schreiten in Folge dessen die Berge schneller fort als die Thäler. Hierdurch ist eine allmälige Umgestaltung der Wellen veranlasst, darüber im Abschnitt 2 berichtet wird. Es liegt der Gedanke nahe, ob nicht für Luft in der Formel II vielleicht auch der Werth h in den Wellenbergen grösser sei als in den Thälern. Alsdann würde auch die Schallwelle einer allmäligen Umgestaltung, vielleicht auch, wie die brandende Wasserwelle, unter Umständen einer Zerstörung ausgesetzt sein. In der Folge wird gezeigt, dass dem thatsächlich so ist. Im Abschnitt 4 finden sich die Formeln

für die Geschwindigkeit der Wellen abgeleitet, dabei sich für h im Wellenberge grössere Werthe ergeben als im Wellenthale. Es ist nämlich in Folge Erwärmung durch Compression die Temperatur im Berge höher als in dem Thale der Schallwelle.

Weiter hat sich aber gezeigt, dass die Formel I nur Annäherungswerthe bietet. Bei kleinen Wassertiefen und einer starken Bewegung der Wasserelemente liefert die Formel falsche Ergebnisse. Hierüber ist im Abschnitt 3 berichtet. Eine Ergänzung und Berichtigung der Formel erfolgte auf Grund theoretischer Erwägungen zum ersten Male von mir in der „Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen“ (Hannover und Dresden) 1896, Heft 7. Es zeigte sich, dass der durch die ältere Formel zum Ausdruck gebrachte Werth $v = \sqrt{g} t$ nur einen Theilbetrag der ganzen fortschreitenden Geschwindigkeit bietet. Es giebt die Formel nämlich an, wie schnell sich die Welle, relativ zu den Theilchen des Wassers gemessen, welche selbst die Bewegung u besitzen, fortbewegt, so dass die wahre fortschreitende Geschwindigkeit sich aus dem Werthe u und dem Betrage der älteren Formel zusammensetzt. Die nämliche Formel (vergl. Gleichung Ia.) ist unabhängig von meinen theoretischen Untersuchungen auf Grund sorgfältiger Beobachtungen, welche an den Ebbe- und Fluthwellen im Mündungsgebiete französischer Flüsse angestellt worden sind, von dem Ingenieur Comy¹⁾ auf empirischem Wege ermittelt.

Ich habe mir hier nur die Aufgabe gestellt, erstens diese für die Ebbe- und Fluthwelle gefundenen neuen Beziehungen weiteren Kreisen zugänglich zu machen und weiter zu untersuchen, ob vielleicht auch die Formel für die Schallgeschwindigkeit einer gleichen Ergänzung bedarf. Es hat sich gezeigt, dass meine Vermuthung richtig war.

Die also im Abschnitt 4 abgeleiteten Formeln lauten:

$$\text{Gleichung Ia: } v = u + \sqrt{g} t \quad \text{für die Wasserwelle,}$$

$$\text{Gleichung IIa: } v = u + \sqrt{1,4gh} \quad \text{für die Schallwelle.}$$

In diesen Formeln bedeuten t und h wieder die Tiefe des bis zur Sohle wellenerregten Gewässers, wie h die Druckhöhe des Luftdruckes. Der hinzugetretene Werth u giebt die Geschwindigkeit des Massenelementes an, einerlei, ob dieselbe als Strömung oder Schwingung oder als eine Summe beider auftritt. Soweit die Schwingung allein in Frage kommt, ist in fortschreitenden Wellengebilden u in den Wellenbergen positiv und in den Wellenthälern negativ.

Es erleiden also, wie die Fluthwellen des Wassers, auch die Schallwellen während der Zeit ihrer Fortbewegung eine Umgestaltung, da jeder Wellenpunkt eine besondere, nur ihm eigene fortschreitende Geschwindigkeit besitzt. Im Abschnitt 2 b. ist an zwei Beispielen für

¹⁾ Ann. d. Hydrographie u. marit. Meteorologie 1896, S. 466 bis 475, wie Zeitschr. f. Architektur u. Ingenieurwesen (Hannover, Dresden) 1897, S. 205.

die Wasserwelle diese Art der Umgestaltung veranschaulicht. Es verschwinden auf der vorderen Seite des Wellenberges die sanften Uebergänge, weil der Scheitel des Berges das davor befindliche Thal überholt. Ein unvermittelter Uebergang und eine Stosswirkung sind die Folge. So muss auch eine zuvor symmetrisch gebildete Schallwelle, zumal bei starkem Schall und hohen Tönen, d. h. kurzen Wellen, bald in die Gestalt des Sägezahn übergehen, wodurch die Art des Tones geändert erscheint.

Aber noch wichtiger als für die Akustik ist eine genaue Kenntniss der Wellenbewegung von Gasen für die Lösung wichtiger Räthsel der Wärmelehre. Bei der Geschwindigkeit der Molecüle haben wir es mit Geschwindigkeiten von Hunderten von Metern die Secunde zu thun. Wollte man bei Untersuchungen auf dem Gebiete der mechanischen Wärmetheorie an Stelle der Formel $v = u + \sqrt{gt}$ die Annäherungsformel benutzen und mithin das Glied u vernachlässigen, dann könnten die also ermittelten, vollständig falschen Werthe nur verwirren; sie würden das Vorhandensein wichtiger, zwischen Wärme- und Schallbewegung vorhandener Beziehungen ganz verdecken. Es ist also für die Physik unbedingt von Werth, der neuen Formel für die Schallgeschwindigkeit Aufmerksamkeit entgegen zu bringen.

2. Umgestaltung der Longitudinalwelle.

a) Beugungserscheinungen.

Des Zusammenhanges halber sei hier zunächst einer Umgestaltung der Wellenform Erwähnung gethan, welche zu den Erscheinungen der Beugung führt. Gelangt eine zuvor gerade gestreckte Welle, welche eine so grosse Periode besitzt, dass die Wassertheilchen bis auf den Grund hinab sich in Schwingung befinden, wie hier überall vorausgesetzt wird, mit einem Flügel oder mit der Mitte in seichteres Wasser, dann vermindert sich hier die Geschwindigkeit fortschreitender Bewegung, weil in der Formel der Werth t (Wassertiefe) kleiner geworden ist.

So verändert z. B. vor dem Canal zwischen



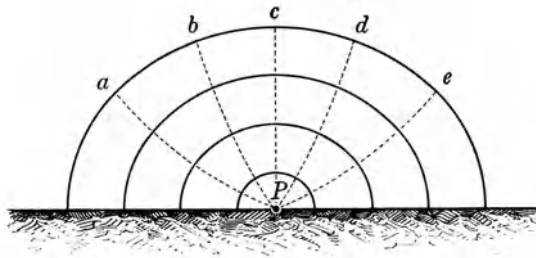
Fig. 1.

Frankreich und England die zuvor mehr gerade gestreckte Fluthwelle ihre Gestalt. In der Mitte eilt die Welle in dem dort tieferen Wasser schneller vorwärts, so dass der in Fig. 1 punktirt angedeutete Wellengrat zu den Stunden 3, 4, 5 bis 10 sich im Vorrücken fortlaufend verändert.

Desgleichen wird vor einer Insel die Welle vorn am frühesten in ihrem Laufe beeinträchtigt, so dass die Flügel voreilen. Es ergibt sich eine Beugung der Wellen derart, dass diese die Insel auch von der Seite her treffen und auch dort auf den Strand auflaufen; vergl. z. B. Fig. 1, die Küsten von Irland.

Hierher gehört auch die in der Lehre vom Schall schon mehrfach erörterte Erscheinung, dass die Schallstrahlen Pa bis Pe , welche von P ausgehen, nicht in gerader Linie radial verlaufen,

Fig. 2.



nicht in gerader Linie radial verlaufen, sondern nach aufwärts gebogen werden (vergl. Fig. 2). In den oberen Schichten ist die Druckhöhe in Folge der niedrigeren Temperatur kleiner. Die fortschreitende Geschwindigkeit fällt hier

also geringer aus. Die von P in Form von Kreisen ausgehenden Wellen bilden hernach Ellipsen mit einer grossen horizontalen und kleinen verticalen Axe.

b) Verzerrungen der Wellenform.

Aus der Formel $v = u + \sqrt{gt}$ für Wellenberge und
 $v = -u + \sqrt{gt}$ für Wellenthäler,

stehende Gewässer vorausgesetzt, ergibt sich, dass jeder Wellenpunkt eines Wellenberges danach trachtet, die vorgelagerten Wellenpunkte der Thäler einzuholen. Mithin fallen die Wellenlängen, zwischen den Bergen gemessen, grösser aus als zwischen den Scheiteln der Thäler gemessen. Der Unterschied ist unter Umständen bedeutend. Es betrage z. B. die Wassertiefe im Scheitel der Berge $+ = 6$ m, wie 3 m im Scheitel der Thäler, und die Fluth- bzw. Ebbebestromung $u = 1$ m. Dann ergibt sich:

$$v = 1 + \sqrt{9,81 \cdot 6} = 8,7 \text{ m für die Berge und}$$

$$v = -1 + \sqrt{9,81 \cdot 3} = 4,5 \text{ m für die Thäler.}$$

Es dringt also in diesem Falle der Scheitel des Berges fast doppelt so schnell vorwärts als das Thal, so dass die Entfernung der Scheitelpunkte zweier auf einander folgender Berge fast doppelt so gross ausfällt als die Entfernung der Thäler. Daraus ergibt sich eine Ver-

änderung der zuvor symmetrischen Welle. Der vordere Hang wird steil, der hintere verflacht sich. Die diesbezüglichen Berechnungen sind von mir in der unten genannten Abhandlung durchgeführt.

Fig. 3 zeigt den Typus der Fluthwelle in den Flussmündungen der deutschen Nordseeküste.

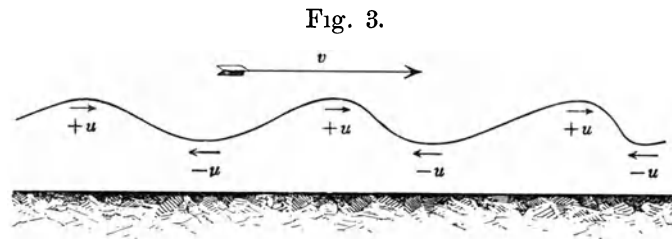
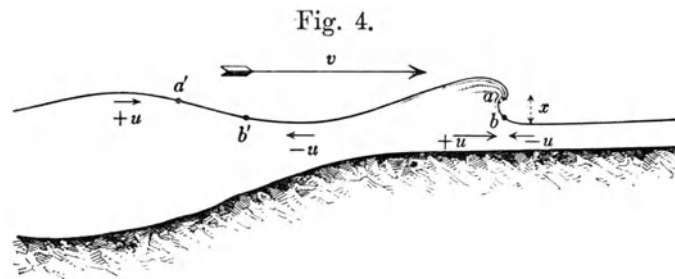


Fig. 4 bietet das

Bild einer in der Strommündung bis zum Branden umgestalteten Fluthwelle. Am vorderen Rande hat dort, wo die Welle weiter zurück schon am steilsten sich erwies, ein Punkt a' des Berges den vorliegenden Punkt b' des Thales vollständig überholt, so dass sich bei $a b$ eine verticale überschäumende Wasserwand oder Sprungwelle gebildet hat, welche



stromauf fortschreitet und eine plötzliche Aenderung der Stromrichtung bedingt. Hier treffen Fluth- und Ebbeströmung unvermittelt zusammen. Diese Erscheinung wird in Frankreich bekanntlich Maskaret, an den Flüssen Indiens Bore genannt. Die Höhe des vorderen schroffen Randes kann nach Capitän Moore am Tsien-tang-kiang bis zu 3,7 m betragen [vergl. die Ann. d. Hydrographie u. marit. Meteorologie 1896, S. 466 bis 475, wie die Zeitschr. f. Architektur u. Ingenieurwesen (Hannover, Dresden) 1897, S. 205].

Es liegt auf der Hand, dass Vorgänge von solcher Bedeutung auch für die Luftwellen Beachtung verdienen, wenn, wie erwiesen wird, die Umgestaltung der Luft- oder Schallwellen sich in gleicher Weise vollziehen muss, wie dieses für die Wasserwellen nicht allein theoretisch erkannt, sondern auch überall beobachtet ist.

3. Aeltere Arbeiten über die fortschreitende Geschwindigkeit der Fluthwellen.

Die älteren Untersuchungen, von dem Astronomen Airy 1846 angestellt (Tides and Waves, London), ferner von Green (Trans. of the Cambr. Phil. Soc., Vol. 6, p. 457), von Dr. Felix Auerbach (Die theoretische Hydrodynamik, eine Preisschrift), von Gerstner (vergl. die Wellenlehre von E. H. und W. Weber), führten sämmtlich zur Aufstellung der Formel I $v = \sqrt{gt}$. Die Beobachtungen von Scott

Russell haben bewiesen, dass jene Formel für grosse Meerestiefen t und kleine Werthe u eine praktischen Zwecken entsprechend hinreichende Genauigkeit besitzt, während Franzius in seinem Werke: „Die Correction der Unterweser“ auf S. 23 und 24 hervorhebt, dass diese Formel für kleine Wassertiefen und zumal im Ebbestrome zu unbrauchbaren Werthen führt.

Die theoretischen Untersuchungen leiden hier, wie so häufig, an dem Mangel einer ungenügenden zeichnerischen Darstellung der räumlichen Vorgänge. In Folge dessen werden wichtige Beziehungen einfach übersehen; sie gelangen in der Rechnung nicht zum Ansatz und erscheinen darum auch nicht im Endresultate. Zugleich ist der verwendete Formelapparat meist unnöthig verwickelt, so dass die klare Uebersicht kaum erreicht werden kann.

Auch der berühmte Wasserbaumeister G. Hagen, Excellenz, empfand den Mangel der Formel $v = \sqrt{gt}$. In seinem Werke: „Seeufer und Hafenbau“, Bd. I, S. 67, berichtet Hagen über die von ihm angestellten Versuche. Hagen erkannte aber nicht den theoretischen Zusammenhang, und anstatt nun das Glied u zu addiren, fügte derselbe unter der Wurzel das Glied $\frac{3}{2}$ hinzu. Bei einem Vergleich der Ergebnisse der Formel und der durch den Versuch gewonnenen Werthe gelangt Hagen zu dem Schluss, dass eine Uebereinstimmung beider erreicht sei. Dies aber war ein Irrthum, denn die Annäherung der Werthe war nur dadurch zufällig erreicht, dass die Zahlen in Spalte 3, S. 67 sämmtlich um $\sqrt{2}$ zu gross sind. Es ist vergessen worden, dieselben durch $\sqrt{2}$ zu dividiren. So muss es dort z. B. statt 23,7 heissen 16,4. Alle weiteren, an jene Versuche geknüpften besonderen Schlussfolgerungen sind damit hinfällig.

Es ist nicht zu verwundern, dass ein so hoch verdienter Beamter der preussischen Bauverwaltung neben seinen umfangreichen Geschäften und neben der umfassenden literarischen Thätigkeit, welche die Beschreibung aller wichtigen Wasserbauten umfasste, nicht noch Musse fand, tiefgreifenderen theoretischen Studien sich hinzugeben.

Auch heute liegt die wissenschaftliche Forschung im Wasserbau noch arg danieder. Es bestehen keine Einrichtungen, welche es ermöglichen, eine gesunde Verknüpfung theoretischer und praktischer Studien zu erreichen. Der technische Beamte betrachtet die empirische Forschung oft als sein ausschliessliches Monopol, obgleich derselbe fast niemals die Gelegenheit hat, auf einem Sondergebiete tiefgreifende Erkenntnisse zu schaffen. Die wechselvollen Aufgaben seiner Amtsthätigkeit machen es ihm zu einer Unmöglichkeit, die Musse für weitgehende Sonderstudien zu finden. Ist ein Bau vollendet, dann folgt nicht ein Bau ähnlicher Art, sondern eine Aufgabe von so anderer Beschaffenheit, dass die zuvor gewonnenen Anregungen für wissenschaftliche Studien verloren gehen müssen. Die wissenschaftlich-

bautechnische Forschung kann nur dann einer gesunden Entwicklung entgegengehen, wenn die hier vorhandenen unnatürlichen Behinderungen in dem erforderlichen Umfange beseitigt werden.

Hagen klagte in der Vorrede zu seinem Bande I „des Seeufer- und Hafenbaues“ ernstlich darüber, dass von Seiten ausgesprochener Empiriker der vernünftigen Vereinigung theoretischer und praktischer Forschung künstlich ein Hemmschuh angelegt werde.

Unter diesen Umständen ist es mit Freude zu begrüßen, dass durch den Erlass des Ministers der öffentlichen Arbeiten in Preussen vom 9. Januar 1897 in Berlin eine besondere Geschäftsstelle für die Förderung der bautechnischen Forschung eingerichtet worden ist.

4. Ableitung der neuen Formeln für die Geschwindigkeit longitudinal schwingender Wellen zwischen parallelen Umschliessungen.

Zu dem Zwecke, die verwandtschaftlichen Beziehungen der Wasser- und der Schallwelle zu zeigen, mögen beide Wellenarten hier neben einander gleichzeitig einer Untersuchung unterzogen werden.

Jede Oberflächenwelle fordert neben der Längsschwingung auch Querschwingung. Beide, die Longitudinal- und Transversalschwingung, setzen sich zu der bekannten Drehschwingung zusammen. Es sollen dabei aber nur Wasserwellen von so grosser Periode untersucht werden, dass die Längsschwingung mehrere tausendmal grösser ist als die Verticalschwingung, wie solches bei den Fluthwellen der Fall ist. Die Verticalbewegung vollziehe sich so langsam, dass die Verticalbeschleunigungen vernachlässigt werden können. Alsdann ergeben sich für die unteren Wasserschichten nahe dem Grunde des Gewässers die nämlichen horizontalen Pressungsunterschiede wie oben und mithin auch die nämlichen Geschwindigkeiten der schwingenden Bewegung der Elemente, wenn zugleich auch der Einfluss der Reibung vernachlässigt wird. Die Wirkung der Reibung ist hier ausser Acht gelassen; sie muss jedoch bei Lösung der praktischen Aufgaben unserer Wasserbau-technik immer berücksichtigt werden.

Erläuterung der Fig. 5. Es sind die Stauvorgänge veranschaulicht, welche zu der Entstehung einer Welle Veranlassung geben. Der Linienzug PQ bietet das Bild des vorderen Hanges eines mit der Geschwindigkeit v fortschreitenden Wellenberges. Die Ordinaten, welche bei der Wasserwelle t (Wassertiefe) und bei der Schallwelle h (Druckhöhe) benannt sind, bieten ein Maass der auftretenden Pressungen bezw. der Druckunterschiede y .

Bei den Wasserwellen entspricht der Linienzug PQ , welcher durch die Ordinaten t bestimmt ist, der Oberfläche der Wasserwelle. Für die Schallwellen findet sich die Linie PQ erst durch die Auftragung der

Fortschr. Geschwindigkeit v Wellen m. einer longit. Schwingung d. Elemente. 133
 Geschwindigkeit, mit welcher die Welle ein Wasserelement einholt und durch dasselbe sich hindurch bewegt.

Die Beschleunigung $\frac{du}{dz}$ des Massenelementes ergibt sich nach dem Gesetze der schiefen Ebene aus dem Gefälle $1:n$ der Flächen gleichen Druckes. Auf einer schiefen Ebene oder Fläche gleichen Druckes der Neigung $\frac{y}{l} = \frac{1}{n}$ erleidet eine Masse die Beschleunigung $\frac{g}{n}$ in horizontaler Richtung. So wird in der Bauingenieurwissenschaft die Geschwindigkeitszunahme für die Bewegung des Wassers in Flüssen und Rohrleitungen ermittelt. In den Annalen der deutschen Seewarte, Jahrgang 1887 ¹⁾, ist von mir zum ersten Male nachgewiesen, dass jene Beziehungen auch für die Luft gelten. Auch hier ermittelt sich die Horizontalbeschleunigung aus dem Gefälle $\frac{1}{n}$ der Flächen gleichen Druckes. Für die Wasserwelle und für die Schallwelle finden wir mithin die Beziehung:

$$\frac{du}{dz} = \frac{g}{n} \text{ und}$$

$$\text{Gleichung B: } du = \frac{g}{n} \cdot dz.$$

Hierin bedeutet dz das Zeitelement, währenddessen die Beschleunigung $\frac{g}{n}$ länger auf die Theilchen der Lage ac eingewirkt hat, als auf die Theilchen der Lage bd . Die Welle kommt hier in der Zeichnung von links, trifft also a um das Zeitmaass $dz = \frac{dl}{v'}$ früher als b , da sich die Welle mit der relativen Geschwindigkeit v' , in Bezug auf die Theilchen des Wassers oder der Luft gemessen, vorwärts bewegt. Die Beschleunigung $\frac{g}{n}$ hat also auf die Theilchen der Lage ac immer um den Zeitbetrag dz länger eingewirkt, als auf die Theilchen der Lage bd , so dass, wenn diese die Geschwindigkeit u aufweisen, jene schon die Geschwindigkeit $u + du$ erreicht haben. Es ergibt sich mithin für dz der Werth:

$$\text{Gleichung C: } dz = \frac{dl}{v'},$$

dies in B. eingesetzt, folgt:

$$\text{Gleichung D: } du = \frac{g}{n} \cdot \frac{dl}{v'}.$$

Stauvorgang und Wellenbildung; zunächst für Flüssigkeiten. In Folge des relativen Unterschiedes du der Wassergeschwindigkeit, auf

¹⁾ „Ueber den Kreislauf der atmosphärischen Luft“, S. 3, Jahrg. 1887, Ausgabe 1888.

der hinteren Seite ac des Prismas auftretend, gegenüber der vorn bei bd statthabenden Bewegung, schreitet die Verticale ac um den Betrag du in einer Secunde relativ in Bezug auf bd vorwärts. Es entsteht ein Stau. Die Säule wird eingeeengt; sie wird schmaler und sucht durch ein Ausweichen nach oben hin den benöthigten Ausgleich des Volumens.

Die Formveränderung erfolgt bei nicht comprimibaren Flüssigkeiten so, dass die beiden schraffirten Flächen inhaltsgleich werden. Mithin besteht für Flüssigkeitswellen die Beziehung:

$$\text{Gleichung E: } \Delta t \cdot dl = du \cdot t.$$

Hierin bedeutet Δt die Erhebung der Wasseroberfläche über die ursprüngliche Lage, welche sich unter der Wirkung des Stauvorganges im Verlaufe einer Secunde vollziehen würde, wenn während dieser Zeiteinheit die Gefällverhältnisse keine Aenderung erfahren. Aus Gleichung D und E folgt:

$$\Delta t \cdot dl = \frac{g}{n} \cdot \frac{dl}{v'} t \quad \text{oder}$$

$$\text{Gleichung F: } \Delta t = \frac{g}{n} \cdot \frac{t}{v'}.$$

Der neue gedachte Höhenpunkt a' liegt in der Horizontalen um den Betrag v' von dem Punkte P der Wellenoberfläche entfernt, welcher eine Secunde zuvor jene Höhe aufwies. Es hat sich mithin der Höhenpunkt P durch Stauwirkung, relativ zum Wassertheilchen gemessen, um den Betrag v' gleich Pa' vorwärts bewegt. Mithin besteht die Beziehung:

$$\frac{\Delta t}{v'} = \frac{1}{n}$$

$$\text{Gleichung G: } \Delta t = \frac{v'}{n}.$$

Vergl. das rechtwinklige Dreieck der Katheten v' und Δt in Fig. 5. Aus Gleichung F und G folgt weiter:

$$\frac{v'}{n} = \frac{g}{n} \cdot \frac{t}{v'}, \quad (v')^2 = g \cdot t.$$

$$\text{Gleichung H: } v' = \sqrt{g \cdot t},$$

und mithin aus Gleichung A und H:

$$\text{Gleichung Ia: } v = u + \sqrt{g \cdot t}.$$

Aus dieser Untersuchung geht hervor, dass die ältere Formel $v = \sqrt{g \cdot t}$ nur die relative Geschwindigkeit angab, mit welcher eine Welle in Bezug auf das Wasserelement sich vorwärts bewegt. Das Glied u , die Geschwindigkeit des Elementes, welches sowohl für die Grösse fortschreitender Bewegung eines Wellenpunktes als auch für die Umgestaltung der Wellenform von wesentlicher Bedeutung ist, blieb bis

dahin unbeachtet. Im Abschnitt 2 b. sind diese Vorgänge einer Formänderung der Wellen erläutert.

Für die Luftwellen gestaltet sich der Stauvorgang und die Wellenbildung, wenn ein Entweichen der Luft nach oben hin möglich ist, ähnlich wie bei Flüssigkeitswellen. Die Oberflächenwellen auf dem Ocean unserer Atmosphäre, z. B. die Wellen der atmosphärischen Fluth und Ebbe, gehorchen fast genau den nämlichen Gesetzen, welche für die Wasserwellen abgeleitet sind. Es gelangt dabei das Lufttheilchen nahe der Wellenoberfläche nicht abwechselnd in höheren und kleineren Druck, es behält seine Temperatur und sein Volumen, und nur die Gestalt des Elementes erleidet in Folge der Stauvorgänge jene Verzerrung, welche die Wellencontur erzeugt.

Für die Schallwellen der Luft liegen die Verhältnisse anders. Ein Entweichen nach oben hin erfolgt nur, wenn die ganze Luftsäule unten und oben überall gleichzeitig in Schwingung versetzt wird. Dies ist hier aber nicht der Fall; der Antrieb zur Bildung einer Schwingung besteht nur an irgend einem Ort. Dann überträgt sich die Bewegung von einem Massenelemente auf das vorgelagerte Element durch den erzeugten Luftüberdruck, welcher erst entsteht, wenn die Luft bei dem Stossvorgange der Theilchen zusammengepresst, d. h. zusammengestaut ist.

Für Gase besteht aber die Beziehung, dass die Pressung nicht allein mit einer Zunahme der Dichte, sondern auch mit einer Zunahme der Temperatur steigt, welche hier in diesem Falle durch die Arbeit des Luftdruckes erzeugt wird. Es ist bei chemisch ein- und zweiatomigen Gasen die Pressung jeweils der Energiedichte proportional, d. h. der in einer Raumeinheit enthaltenen, nach aussen wirkenden und nicht durch chemische Anziehungs- oder Zugkräfte in ihrer Druckwirkung behinderten freien Energiemenge $\frac{m w^2}{2}$. Hierin bedeutet w die moleculare Geschwindigkeit der Wärmebewegung.

Es ist in Bezug auf Fig. 5 zu beachten, dass hier für Schallbewegung der Aufriss nur zu einer Veranschaulichung der Druckverhältnisse und Bewegungsvorgänge herangezogen werden kann. Die doppelt schraffierte Fläche ist in diesem Falle nicht gleich der einfach schraffirten Fläche $du \cdot h$. Durch die Arbeit des Luftdruckes ist die in dem Raume $abcd$ vorhandene Wärmeenergie um die Arbeit des Luftdruckes gesteigert, welche mit der relativen Verschiebung der Wand ac um den Betrag du verbunden ist, d. h. für die Raumeinheit eines Cubikmeters Luft um den Betrag:

$$\frac{du}{dt} \cdot 10\,333 \text{ mkg.}$$

Hierin bedeutet die Zahl 10 333 die Pressung einer Atmosphäre auf einen Quadratmeter Fläche. Die Druckzunahme beträgt also zu-

sammen in Folge der Verdichtung und in Folge der Arbeit des Luftdruckes (Erwärmung) dem einer vermehrten Energiezunahme entsprechenden Werthe:

$$\Delta p = p \cdot \frac{du}{dl} \left(\frac{E + 10\,333}{E} \right).$$

Hierin bedeutet E die Wärmeenergie eines Cubikmeters Luft bei einer Atmosphäre Pressung:

$$E = 273 \cdot 0,1684 \cdot 424 \cdot 1,293 = 25\,204 \text{ mkg}$$

und

$$\frac{E + 10\,333}{E} = \frac{25\,204 + 10\,333}{25\,204} = 1,4^1).$$

Es ermittelt sich also die Grösse:

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{p}{\gamma} \cdot \frac{du}{dl} \cdot 1,4,$$

$$\Delta h = h \cdot \frac{du}{dl} \cdot 1,4 \quad \text{und}$$

$$\text{Gleichung E}_1: \quad \Delta h \cdot dl = du \cdot 1,4 h.$$

Die Gleichungen A bis D sind für die Schallwellen unverändert; sie ergeben sich genau so, wie für die Oberflächenwellen der Flüssigkeiten und der Luft ermittelt, auch liegt in der Folge kein Unterschied in dem Fortgange der Rechnung vor, so dass sich die Gleichungen ergeben:

$$\text{Gleichung F}_1: \quad \Delta h = \frac{g}{n} \cdot \frac{1,4 h}{v'},$$

$$\text{Gleichung G}_1: \quad \Delta h = \frac{v'}{n},$$

$$\text{Gleichung H}_1: \quad v' = \sqrt{g \cdot 1,4 h} \quad \text{und}$$

$$\text{Gleichung II a:} \quad v = u + \sqrt{g \cdot 1,4 h}.$$

Hierin bedeutet wieder u die Geschwindigkeit des Luftelementes, möge diese durch Luftströmung oder Schwingung erzeugt sein und h die Druckhöhe für den Ort, wo die Geschwindigkeit des Wellenpunktes berechnet werden soll. Die Grösse

$$h = \frac{p}{\gamma} \quad \text{oder} \quad h = \frac{p_0}{\gamma_0} \frac{T + t}{T + t_0},$$

darin $T + t$ die absolute Temperatur bedeutet, ist also abhängig von den im Wellenberge und im Wellenthale ungleichen Temperaturwerthen. Wie bei der Wasserwelle, haben wir es auch hier wieder mit zwei Ursachen zu thun, welche auf eine Umbildung der Wellenform hinwirken. Einmal ergiebt sich eine Ungleichheit in der fortschreitenden Bewegung der Wellenpunkte, weil das Glied u in den Wellenbergen positiv, in den Thälern negativ ist, und weiter, weil das

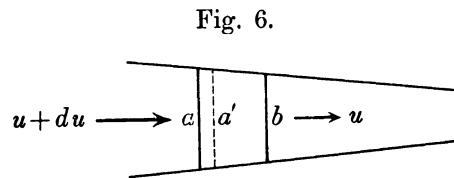
¹⁾ Vergl. „Naturkraft“ von M. Möller, S. 54. (Verlag von L. Friederichsen u. Co., Hamburg.)

Glied h (die Druckhöhe) von der Temperatur abhängig ist, welche in den Wellenbergen, durch Compression veranlasst, höher ist als in den Thälern.

Das Glied u der Formel für die Geschwindigkeit der Schallwelle kann in der theoretischen Physik von erheblicher Bedeutung werden, da alle im Inneren der Stoffe auftretenden Bewegungen sich nach den Gesetzen der Wellenbewegung vollziehen, indem sie jedesmal Stauerscheinungen bedingen. Nun ist aber auch die Wärme eine relative innere Bewegung der Masse, so dass auch für einige Aufgaben der mechanischen Wärmetheorie die Ableitung der genaueren Formel II a. von Werth ist.

5. Der Einfluss convergirender und divergirender Umschliessungen.

In der bezeichneten Abhandlung [Zeitschr. für Architektur und Ingenieurwesen (Hannover, Dresden) 1896, Heft 7] ist von mir auch die Bewegung der Fluthwelle für den Fall convergirender Flussufer untersucht. Die Rechnung zeigt, dass die für Anfüllung und Aufstau einer im Grundriss trapezförmigen Fläche sich schneller vollzieht, als bei parallelen Ufern, und dies zwar, wofern der füllende Strom $u + du$ auf der breiten Seite eintritt. Die Welle eilt dann ausnahmsweise schnell vorwärts, während umgekehrt bei divergirenden Umschliessungen eine kleinere fortschreitende Geschwindigkeit der Welle sich ergibt.



Ebenso wird eine Schallwelle, welche sich ausbreitet, langsamer fortschreiten; sie wird also bei dem Vorübergange an einer Ecke in ihrem Laufe verzögert und zu einer Beugung veranlasst. Ein Vorgang, der dem Beugen der Wasserwellen in Nähe von Inseln (Fig. 1) ähnelt.

Umgekehrt wird die Schallwelle in dem sich zuspitzenden Hörrohre schneller eilen, als den Formeln II und II a. entspricht.

Für die Wasserwellen sind diese Erscheinungen in augenfälliger Weise an einigen Gerinnen aus Zinkblech zu sehen, welche ich zu dem Zweck einer Veranschaulichung der Vorgänge für meine Vorträge im Wasserbau anfertigen liess.

6. Schluss.

Die hier gebotenen, die Wellenbewegung betreffenden theilweise neueren Darlegungen bilden nur eine Gruppe meiner auf dem Gebiete der Wellenbewegung abgeleiteten Erkenntnisse [vgl. meine

Arbeiten¹⁾]. Insbesondere sind die eine mechanische Arbeitsleitung der Wellen betreffenden Beziehungen von Bedeutung²⁾. Es ist mir bisher noch nicht gelungen, auf diese neueren Bestrebungen die Aufmerksamkeit zu lenken, weil das Studium der Wellen in den letzten Jahrzehnten nur wenig Anklang fand. Es fehlen daher heute vielfach die grundlegenden Vorstellungen. Insbesondere finden sich die Untersuchungen über Wellenbewegung meist in ein so schwer verständliches bzw. künstliches mathematisches Gewand gekleidet, dass der Leser nur bei äusserster Sorgfalt merken kann, wo im mathematischen Theile der Lösung bezüglichlicher Aufgabe in Folge einer falschen Auffassung der räumlichen Vorgänge und physikalischen Beziehungen etwa ein Fehler vorliegen möge. Statt einer eingehenden Erwägung wird mit den Worten selbstverständlich, oder wie leicht ersichtlich ist, so nebenhin eine wichtige Beziehung berührt und in eine mathematische Form gebracht, so dass dann häufig ein Fehler in dem Rechnungsansatze verbleibt. Um solches zu vermeiden, gilt es, diesem entgegen, nach einer Erwerbung zutreffender Anschauungen zu trachten. Bei der Bedeutung nun, welche die Wellenbewegung überall in der Natur besitzt, da die strahlenden Kräfte, Schall, Wärmestrahle, Licht und Elektrizität, auf Wellen- und Schwingungsbewegung beruhen, ist es wohl angebracht, die Gewinnung einer klaren Vorstellung dieser räumlichen Vorgänge und ihrer inneren Beziehungen zu erstreben. Es würde mir Freude bereiten, gelegentlich auch fernerhin an einer Förderung der Wellentheorie helfend mitwirken zu können. Es bieten sich mir hierzu noch manche Angriffspunkte. Dieses Ziel lässt sich für mich aber nur dann erreichen, wenn sich mir Gelegenheit zur Aussprache mit Vertretern der Experimentalwissenschaften auf diesem Gebiete der Wellenbewegung in hinreichendem Umfange bietet. Vielleicht trägt diese Abhandlung zur Erfüllung dieses meines Wunsches bei, gelegentlich einen lebhafteren Austausch der Ansichten über die Wellenbewegung herbeizuführen.

Nachtrag.

Der Knall von Kanonenschüssen soll nach den Schiessversuchen zu Meppen weitaus schneller eilen als der alten Schallformel $v = \sqrt{g 1,4 h}$ entsprechen würde.

¹⁾ „Ueber Gestalt und Bewegung von Wasserwellen mit Berücksichtigung der Einwirkung des Windes.“ Exner's Repertorium der Physik. Bd. XXII. Wien 1884.

„Ungleichformige Wasserbewegung.“ Zeitschr. d. Architekten- u. Ingenieurvereins zu Hannover 1894, Heft 8.

„Die Höhe der Atmosphäre und die Mondfluth.“ Globus 1896, S. 217.

„Die Kräfte und die Bewegungsarten des Stoffes.“ Prometheus 1897, S. 289, 309, 321, 359 u. 377.

²⁾ „Das räumliche Wesen von Elektrizität und Magnetismus“ von M. Moller, Verlag von Manz u. Lange (Hannover, Linden).

DIE
ENTSTEHUNGSGRÜNDE
NEUER SITTEN.

VON

A. VIERKANDT.

Schöpft die Wissenschaft der Völkerkunde auch zunächst, wie jede Wissenschaft, aus dem Schatze der Erfahrungen, so vermag sie bei den schwierigeren, von den gegebenen Thatsachen oft weit abliegenden Fragen, vor die sie vielfach gestellt wird, doch auch des Beirathes allgemeiner, über die einzelnen Erfahrungen hinaus sich erhebender Betrachtungen und grundsätzlicher Erörterungen nicht überall zu entbehren. Man muss dabei beachten, dass es überhaupt zwei Quellen der Erkenntniss giebt, von denen die beste und zuverlässigste die unmittelbare Anschauung, die eigentliche Erfahrung ist; überall aber, wo sie versagt, wo man die Thatsachen erst erschliessen muss, handelt es sich um logische Operationen, für deren Ausübung allgemeine logische Gesichtspunkte und Regeln maassgebend sind. Das oberste derartige Kriterium besteht bekanntlich in der Widerspruchslosigkeit der gewonnenen Ergebnisse. Indem man aus analogen Erfahrungen allgemeine Regeln ableitet, müssen diese für alle verwandten, der Erfahrung nicht unmittelbar zugängigen Erscheinungen so lange nach jenem Satze als richtig vorausgesetzt werden, bis sie in einzelnen Fällen durch neue Erfahrungen oder neue begriffliche Erwägungen widerlegt sind. Für die Ethnographie sind derartige Regeln durchweg psychologischer Natur. Die zu ihrer Aufstellung leitenden Erwägungen stützen sich zwar zunächst auf einzelne Erfahrungen, nehmen aber im weiteren Verlauf einen mehr deductiven Charakter an und werden deswegen in ethnographischen Kreisen stellenweise wohl mit einem gewissen Misstrauen zu kämpfen haben. Allein, will man in der Ethnographie über die Feststellung einzelner Thatsachen hinausdringen zu allgemeinen Ueberblicken und zur Erforschung des Ursprunges und der Entwicklung der einzelnen Erscheinungen, so wird man doch nicht umhin können, diese Bahn zu wandeln.

Wir wollen im Folgenden eine derartige Erwägung anstellen hinsichtlich der Frage des Ursprunges der einzelnen Sitten. Diese Frage ist ja nur äusserst selten durch die Erfahrung zu beantworten, mag man den Begriff der Erfahrung dabei auch in einem etwas weiteren Sinne fassen. In einem solchen kann man von einer erfahrungsmässigen Einsicht da sprechen, wo die verschiedenen Entwicklungsstufen der fraglichen Sitte von den ersten Anfängen an bis zur vollen

Ausbildung noch bei verschiedenen Völkern erhalten sind, so z. B. bei der Sitte der Blutrache, über deren verschiedene Entwicklungsstufen von den ersten Keimen in Gestalt der individuellen und impulsiven Rache an uns die schöne Arbeit von Steinmetz so eingehend unterrichtet hat. Wo keine so deutlichen Fingerzeige für den Ursprung einer bestimmten Sitte vorhanden sind, da können uns zur Wegweisung und zur vorläufigen Entscheidung über den Werth der etwa vorliegenden Erklärungsversuche nur allgemeine psychologische Erwägungen und Gesichtspunkte behülflich sein, die sich uns aus der Einsicht in die Natur des geistigen Lebens der Gesamtheit, insbesondere auf tiefere Culturstufen, ergeben. Die Möglichkeit, dass derartige abstracte und begriffliche Erwägungen einmal durch neue Thatsachen eine Umgestaltung und Richtigstellung erfahren können, leugnen wir nicht, allein bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntniss haben sie eine grosse innere Wahrscheinlichkeit für sich, und zugleich besitzen sie, wie alle solche Erörterungen, das Verdienst der Anregung.

Um über die Entstehung neuer Sitten keine falsche Vorstellungen zu gewinnen, müssen wir uns die allgemeine Natur des Bewusstseins bei den Naturvölkern — und grossentheils ist sie auch auf der Stufe unserer Cultur noch ebenso — klar machen. Vor Allem müssen wir uns von jenen Vorurtheilen befreien, die von der Zeit der Aufklärung her uns überall noch im Geiste stecken und überall unwillkürlich beeinflussen, wenn wir uns nicht selbst einer strengen Controle unterwerfen. Die Aufklärung betrachtete den Menschen bekanntlich als eine logische Maschine, die durchweg nach verständigen und vernünftigen Erwägungen mit grosser Umsicht handle. Die heutige Socialpsychologie setzt an die Stelle dieser Anschauung zwei andere Lehren¹⁾: erstens, dass der Mensch überhaupt vielfach ohne Zwecke, lediglich nach unwiderstehlichen inneren Trieben handelt, und zweitens, dass die Zwecke, wo wir solche beim Handeln befolgen, in der Regel durchaus nahe- liegender und durchaus praktischer Natur sind. In ersterer Hinsicht erinnern wir daran, dass die Vorstellung des Zweckes überhaupt eine ungebührlich ausgedehnte Rolle bei der Erklärung der Erscheinungen gespielt hat. Im Bereiche des Naturgeschehens hat schon Baco den Zweckbegriff unter jene Idole, jene Vorurtheile eingereiht, die das wahre Bild der Natur verunstalten. Für die Erscheinungen des geistigen Lebens kann die Bedeutung des Zweckbegriffes natürlich nicht völlig in Abrede gestellt werden, allein man hat sich von ihm früher viel zu übertriebene Vorstellungen gebildet. Man hat übersehen, dass der Verlauf der Bewusstseinsvorgänge sehr häufig gar nicht von der Rück-

¹⁾ Ausführlicher hat der Verfasser diese beiden Punkte in seinem Buche: „Naturvolker und Culturvolker“, Leipzig 1896, S. 113 und 260 ff. behandelt.

sicht auf eine äussere Wirkung beeinflusst wird, sondern lediglich unter einem inneren Zwange verläuft, der ein Abweichen vom Herkömmlichen und Ueberlieferten zu einem Acte der grössten Anstrengung und Selbstüberwindung machen würde. Als ein Beispiel für diese Macht des Herkommens, die durch die Rücksicht auf das Urtheil der Stammesgenossen noch verstärkt wird, und die beiläufig auch auf der Höhe unserer Cultur noch viel grosser ist, als wir uns in der Regel klar machen, sei hier eine Ueberlieferung der Kubus auf Sumatra erwähnt¹⁾. Sie sind danach die Abkömmlinge dreier Brüder, von denen die beiden ältesten auf gewöhnliche Art, der dritte aber ohne Werkzeug, also wider das Herkommen, beschnitten wurde; das beschämte ihn so, dass er sich in die Wälder zurückzog. Ebenso typisch für das, was wir hier meinen, ist ein Fall, den wir einer Arbeit Hein's entlehnen²⁾. Es handelt sich dabei um die Zwecklosigkeit gewisser Flechtwerke auf Borneo: unter einem Obergeflecht findet man verdeckt ein unmittelbar beim Flechten entstandenes Ornament, und beide Geflechte sind theilweise wieder durch Affenhaarbüschel verdeckt. Nach einem Zweck der Ornamente zu suchen, wäre hier offenbar vergeblich: „die Frauen flechten nicht, um zu ornamentieren, sondern ornamentieren, um zu flechten, und man kann annehmen, dass es ihnen viel Ueberwindung kosten würde, sollten sie einfach Faden über Faden kreuzweis legen.“

Wo aber dieses Merkmal des inneren Zwanges nicht zur Erklärung hinreicht, und bei der Ausübung einer Sitte oder bei der Entstehung einer neuen wirkliche Zwecke ins Spiel kommen, da gelten für diese doch zwei Merkmale: erstens sind sie durchweg *praktischer* Natur, von greifbarem äusseren Nutzen. Man darf nicht voraussetzen, dass sie der Befriedigung höherer geistiger Bedürfnisse, edlerer und feinerer Gefühle und dergleichen dienen, dass sie, wie wir in der Folge der Kurze halber sagen wollen, *idealer* Natur sind. Wir würden durch eine solche Annahme das geistige Leben der Naturvölker auf ein viel zu hohes Niveau stellen. Zweitens müssen die in Rede stehenden Zwecke *naheliegender* Natur sein, derart, dass ihre Wirkungen unmittelbar in die Augen fallen und nicht erst längerer Berechnung und Ueberlegung und eines weiten Vorausblickes in die Zukunft bedürfen. Wollte man bei solchen Zwecken weit vorausschauende Erwägungen künftiger Ereignisse voraussetzen, so würde man sich ebenso übertriebener Vorstellungen über die intellectuelle Höhe des geistigen Lebens schuldig machen, wie im vorigen Falle hinsichtlich der sittlichen Höhe, falls man den Beweggrund für die Entstehung neuer Sitten in idealen Regungen suchen wollte.

¹⁾ Mitgetheilt von Westermarck, Geschichte der Ehe, S. 206.

²⁾ Mittheilungen der Anthropologischen Gesellschaft, Wien, 21, 50.

Wir wollen nunmehr einige *Anwendungen* von den entwickelten Gesichtspunkten auf eine Anzahl einzelner Fälle machen, indem wir zunächst einige feststehende Fälle betrachten, hinsichtlich deren die Meinungen einig sind, und sodann eine Anzahl ungewisser Fälle, bei denen das Ursprungsmotiv der betreffenden Sitten im Dunkeln ist, ins Auge fassen, in dem Sinne, dass die entwickelten Gesichtspunkte uns als Richtschnur für die Wahrscheinlichkeit oder Unwahrscheinlichkeit etwa versuchter Erklärungen dienen sollen. Zuvor wollen wir nur im Vorbeigehen noch daran erinnern, wie sehr das Ueberwiegen praktischer, naheliegender Beweggründe über solche von mehr idealer und abstracter Natur heute auch in der Geschichtswissenschaft und Politik immer mehr Anerkennung findet. So einseitig auch die sogenannte materialistische Geschichtsphilosophie ist, die die letzten Gründe für alles geschichtliche Geschehen in wirthschaftlichen Verhältnissen sucht, so drängt sich doch die grosse Bedeutung der letzteren dem Historiker immer mehr auf, ebenso wie die Theorie der Politik in den wirthschaftlichen Interessen der einzelnen Volksklassen immer mehr das eigentlich Treibende erblickt. Auch in die Völkerkunde dringen verwandte Anschauungen zunehmend ein. So hat Grosse jüngst die Formen der Familie mit denjenigen der Wirthschaft in Beziehung, wenn vielleicht auch theilweise in eine zu enge, zu setzen gesucht¹⁾.

1. Die Entstehung des Staates und überhaupt des geselligen Zusammenlebens der Menschen schreibt die Aufklärung bekanntlich einer planvollen Ueberlegung, der Vornahme eines förmlichen Vortrages zu — eine Anschauung, die in Rousseau's „Contrat social“ ihre schärfste Ausprägung gefunden hat. Heute ist man darüber einig, dass diese Anschauung bei dem primitiven Menschen ein Maass von Intelligenz voraussetzt, welches viel grösser sein würde als dasjenige, von dem selbst auf unserer Culturstufe das sociale Leben bestimmt wird.

2. Derselbe Wandel, der sich hier schon seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts vollzogen hat, hat sich gegenüber der Frage der Entstehung der künstlichen Feuerbereitung in viel jüngerer Zeit vollzogen. Noch Oskar Peschel steht der Vermuthung, dass etwa ein genialer Denker der Vorzeit durch physikalische Erwägungen über die erhitzende Kraft der Reibung, die sich bis zur Feuererzeugung steigern könne, auf den Einfall der Feuererzeugung mittelst Reibung gebracht sei, nicht unsympathisch gegenüber²⁾; heute müssen wir darin eine der seltenen Verirrungen dieses ebenso grossen wie liebenswürdigen Geistes

¹⁾ Ernst Grosse, Die Formen der Familie und die Formen der Wirthschaft. Freiburg und Leipzig 1896.

²⁾ Peschel, Völkerkunde, 3. Auflage, S 144.

erblicken und vom psychologischen Gesichtspunkte aus der Annahme Karl's von den Steinen eine grosse innere Wahrscheinlichkeit zuschreiben, welche die Massenerfahrung zu Grunde legt, dass sich beim Bearbeiten von Werkzeugen rauchender Staub ablöst¹⁾.

3. Für den Ursprung der Sitte des *Ornamentirens* wusste man sich in älterer Zeit nur auf ästhetische Antriebe, auf die zwecklose Freude am Linearzeichnen, zu berufen. Das Misstrauen, das eine psychologische Betrachtung gegen einen so idealen Entstehungsgrund von vornherein hegen muss, wird durch die Entdeckungen der jüngsten Zeit durchaus gerechtfertigt. Dass die Ornamentik sich durchweg aus gegenständlichen Darstellungen, vorzüglich von Thieren, entwickelt hat, darf heute wohl als bewiesen gelten. Dass bei diesen Darstellungen ursprünglich praktische Beweggründe maassgebend gewesen sind, vorzüglich vermöge der weit verbreiteten Sympathievorstellungen, die dem Bilde ähnliche Eigenschaften und Kräfte wie dem Gegenstande zuschreiben, vermögen wir schon heute für manche Fälle mit ziemlicher Bestimmtheit zu behaupten. Ein schönes Beispiel dafür finden wir in Schurtz' Arbeit über die Ornamentik der Ainos. Ein Motiv lässt sich hier bis auf die Ohren der Bären zurückverfolgen und hat bei der grossen mythologischen Bedeutung dieses Thieres ursprünglich gewiss als Talisman gedient²⁾. Auch die in der afrikanischen Ornamentik eine so grosse Rolle spielenden Eidechsen sind theilweise nach Karl Weule's Vermuthung ursprünglich zum Renommiren und Abschrecken in natura getragen und erst später durch ihr Bild verdrängt³⁾. Wie weit sich derartige Vermuthungen und Ergebnisse verallgemeinern lassen, vermögen wir heute nicht vorauszusagen. Gerade für die ältesten Zeiten der Menschheit, die jedenfalls nur naturalistische gegenständliche Darstellungen kannten, ist die allgemeine Herrschaft praktischer Beweggründe innerlich nicht unwahrscheinlich, da einer ausgedehnten Herrschaft ästhetischer Antriebe sowohl die Trägheit der primitiven Stämme wie die Rohheit ihrer Gesinnung hindernd in den Weg tritt. In der That hat man neuerdings die Anfänge der Kunst ganz allgemein auf praktische, aus mythologischen Vorstellungen von der Zauberkraft von Sympathiemitteln entspringende Motive zurückführen wollen⁴⁾.

4. Als Beweggrund der *Todtenopfer* pflegt man in der Regel die Fursorge der Ueberlebenden anzugeben, die dem Verstorbenen ein Gefolge ins Jenseit mitgeben will. Als Entstehungsgrund der ganzen Sitte gedacht würde dieses Motiv, falls es der Liebe, nicht der Furcht

¹⁾ Verhandlungen des achten Geographentages, S. 21 u. 27.

²⁾ Internationales Archiv für Ethnographie, 9, 239.

³⁾ Festschrift für Adolf Bastian zu seinem 70. Geburtstage, S. 192.

⁴⁾ Lazar Popoff in der Revue Scientifique (nach „Globus“, 65, 331).

entspringen soll, wie Preuss jüngst mit Recht bemerkt hat¹⁾, viel zu sentimental für den primitiven Menschen und somit ein psychologisches Umding sein, falls es aber der Furcht vor der Unzufriedenheit und dem Groll des Verstorbenen entspränge, von einer Weite des Gesichtskreises und einem Maasse von Fürsorge für die Zukunft zeugen, die ebenfalls unwahrscheinlich sind. Die Erklärung von Steinmetz, dass es sich ursprünglich bei den Todtenopfern gar nicht um den Todten, sondern um die Lebenden handelt, nämlich lediglich um ihre Sicherung vor dem so anderweitig befriedigten Rachedurst des Verstorbenen²⁾, ist psychologisch viel wahrscheinlicher.

5. Der Ursprung der menschlichen *Sprache* bildet ein Problem, das mit Recht heute viel weniger als früher erörtert wird, weil man seine Schwierigkeiten heute besser würdigt. Nur über die Richtung, in der man seine Lösung zu suchen hat, sei hier eine Bemerkung gestattet. Der Hauptfehler fast aller älteren Erklärungsversuche von Herder bis auf Max Müller lag wieder darin, dass man dem Menschengeschlechte *zu viel* zumuthete, indem man einerseits eine plötzliche Entstehung annahm, andererseits diese auf zu wenig wirksame Beweggründe, nämlich auf ein plötzlich erwachtes, theoretisches, rein akademisches Interesse zurückführte, das für einzelne Objecte plötzlich Bezeichnungen suchen und finden liess. Mit Recht hat daher Wundt an die Stelle der plötzlichen Entstehung eine allmälige Entwicklung der eigentlichen Sprache aus verwandten primitiven Vorgängen gesetzt, indem er die menschliche Sprache als eine Weiterentwicklung einer besonderen Art jener Ausdrucksbewegungen auffasste, die wir bereits im Thierreiche entwickelt finden³⁾. Ueber das praktische Interesse freilich, das jene Entwicklung thatsächlich auslöste, bietet uns auch Wundt keine befriedigende Aufklärung. Erwähnenswerth erscheint uns in dieser Beziehung eine, wie wir glauben, zu wenig beachtete Hypothese von Ludwig Noirée, welche die Anfänge der Sprache mit denen der Arbeit eng verknüpft und in den primitiven Arbeiten der Gruppe den Anlass der ersten sprachlichen Aeusserungen, in den sie impulsiv begleitenden lautlichen Ausdrucksbewegungen das naturgemäss gegebene Material für die ersten Worte erblickt⁴⁾. Hinsichtlich dieses Zusammenhanges zwischen der Arbeit und gewissen triebartigen Laut-

¹⁾ Festschrift für Adolf Bastian zu seinem 70. Geburtstage, S. 227. Wenn freilich Preuss gleich darauf in der Selbstverstümmelung einen Ausfluss des Pflichtgeföhles, eine Beschwichtigung des qualenden Gewissens erblickt, so fällt er damit wohl vorübergehend in die von ihm selbst getadelte Neigung, die Natur des primitiven Menschen zu idealisiren, zurück.

²⁾ Steinmetz, Ethnologische Studien zur Entstehung der Strafe, 1, 334 bis 355.

³⁾ Wundt, Grundzüge der physiologischen Psychologie, 3. Auflage, 2, 515 ff.

⁴⁾ Ludwig Noirée, Der Ursprung der Sprache. Mainz 1877. — Das Werkzeug. Mainz 1880.

äusserungen wollen wir hier noch auf eine jüngst erschienene Arbeit Bücher's hinweisen, die allgemein die Neigung des Menschen betont, die Arbeit der Hände rhythmisch zu gliedern und so in ein Spiel zu verwandeln¹⁾, und die so allgemein für primitive Zustände Arbeit und Spiel in nahe Verwandtschaft rückt. Wenn nach Bücher Arbeit, Musik und Dichtung ursprünglich beim primitiven Menschen in eins verschmolzen waren, so leuchtet die Verwandtschaft dieser Anschauung mit der eben erwähnten Noirée's unmittelbar ein. Wenn weiter derselbe Autor für das Grundelement der genannten Trias die Arbeit, also ihren praktischen Bestandtheil, erklärt²⁾, so ordnet sich diese Auffassung der von uns hier vertretenen allgemeinen Anschauung widerstandslos unter. Und wenn endlich Bücher bei der Frage, ob der Tanz älter als die Arbeit oder aus ihr erst als eine spielende Nachahmung hervorgegangen sei, geltend macht, dass der Tanz jedenfalls nicht praktischer Natur und daher mindestens vielfach erst secundären Ursprunges sei, so möchten wir diesem Argument noch eine grössere Bedeutung beimessen, als es der Autor selbst an jener Stelle zu thun geneigt ist.

6. Ueber die Ursprünge des *religiösen Lebens* stehen sich zwei Anschauungen gegenüber, von denen die eine den Animismus, d. h. den Glauben an körperlose Geister, die andere die Naturmythologie, d. h. den Glauben an beseelte Naturkörper, an den Anfang der Entwicklung stellt. Während die letztere Anschauung ihre Anhänger hauptsächlich bei den Philologen und Linguisten gefunden hat, haben die Ethnologen von Anfang an die erstere bevorzugt. In der That ist es nun sehr bezeichnend, dass wir bei den primitiven Stämmen, den Jägerstämmen oder sogenannten unsteten Stämmen, in der Regel nur schwach entwickelte animistische, aber kaum naturmythologische Vorstellungen finden. Von dem für uns hier maassgebenden Gesichtspunkte des praktischen unmittelbaren Interesses aus erscheint in der That ebenfalls die Theorie des Animismus als die innerlich wahrscheinlichere. So sehr auch der primitive Mensch von der Natur abhängig ist, so ist diese Abhängigkeit mehr mittelbar und drängt sich dem Bewusstsein weniger auf, als diejenige von einzelnen Mitmenschen, und die Todtenfurcht erscheint uns als ein viel lebhafteres, gleichsam substantielleres Motiv, als die Furcht vor irgend welchen als beseelt gedachten Naturkörpern. Dass beiläufig die Furcht, nicht die Liebe das bestimmende Gefühl der ersten religiösen Regungen gewesen ist, bedarf von unserem Standpunkte aus wohl keiner ausdrücklichen Versicherung und wird wohl auch keinen Widerspruch zu befürchten haben.

¹⁾ Bücher, Arbeit und Rhythmus. Abhandlungen d. k. sachs. Gesellschaft d. Wissenschaften, phil.-hist. Cl., Bd. 17, Nr. 5.

²⁾ A. a. O., S. 78.

7. Ueber den Ursprung der *Kleidung* gehen noch heute die Ansichten aus einander, indem man zur Erklärung theils, wie noch jüngst Schurtz gethan¹⁾, ein ursprünglich vorhandenes Schamgefühl, theils das Schmuckbedürfniss, theils endlich den praktischen Nutzen in Gestalt des Schutzes entweder gegen die Kälte oder gegen äussere Verletzungen durch Dornen oder kleine Thiere heranzieht. Von unserem Standpunkte aus müssen wir gegen die erstere Erklärung die Einwendung erheben, dass sie ein viel zu ideales Motiv heranzieht, das wir uns nicht als wirkungskräftig genug vorstellen können — ganz abgesehen davon, dass bei manchen Stämmen die Bekleidung auf so geringe Ueberbleibsel zusammengeschrumpft ist, wie es schwerlich der Fall sein könnte, falls das Schamgefühl von Haus aus dem Menschen in einer beträchtlichen Stärke innegewohnt hätte. Auch das Schmuckbedürfniss erscheint uns von zu wenig substantieller Natur und am wahrscheinlichsten die Heranziehung des Schutzbedürfnisses gegen äussere verletzende Einflüsse. Sehr beachtenswerth erscheint uns in dieser Beziehung eine Erfahrung, die Karl von den Steinen am Schingu machte, wo gewisse, in den Flüssen lebende Fischchen den schwimmenden Indianern unmittelbar in die Oeffnungen der Geschlechtstheile einzudringen drohten²⁾. Ist eine Bekleidung dann einmal aus praktischen Gründen eingeführt, so kann durch die Ausübung dieser Sitte das Schamgefühl jedenfalls viel leichter geweckt werden, als dass es in den frühesten Zeiten beim Uebergange vom thierischen zum menschlichen Leben völlig spontan ohne äusseren Anlass sich entwickelt haben sollte.

8. Noch dunkler ist die Frage nach der Entstehung der *Hausthierzucht*, wobei wir unter Hausthiere vorzüglich die wirthschaftlich nutzbaren Thiere im Auge haben. Eduard Hahn hat jüngst mit Recht auf die Schwierigkeiten aufmerksam gemacht, die sich der Enträthselung dieser Frage entgegenstellen³⁾. Die Benutzung der thierischen Milch gehört stets einer späteren Stufe der Hausthierzucht an, und den Fleischgewinn kann man sich als ursprünglichen Beweggrund der Zähmung deswegen schwer vorstellen, weil die Thiere auch im Zustande der Wildheit vermöge der Jagd eine Menge Fleisch zu liefern vermögen. Wenn Eduard Hahn die hier vorhandene Lücke unserer Erkenntniss durch die Annahme ursprünglicher religiöser Beweggründe, die sich auf die Sitte des Opfern beziehen, auszufüllen sucht, so müssen wir dagegen das Bedenken erheben, dass hier wiederum ein zu idealer Beweggrund herangezogen ist, dessen Wirkungskraft uns zu wenig wahrscheinlich erscheint. Wir halten es daher für besser, diese Frage vorläufig noch offen zu halten.

¹⁾ Schurtz, Grundzuge einer Philosophie der Tracht, S. 16.

²⁾ Karl von den Steinen, Unter den Naturvölkern Centralbrasilens, S. 195.

³⁾ Eduard Hahn, Die Hausthiere, S. 28 bis 34, 90, 134 u. a. St. Leipzig 1896. — Eine Besprechung des Buches vom Verfasser im Globus 69, 158.

9. Die Sitte der *Anthropophagie* hat man bisher meist theils aus der Genusssucht und Noth, theils aus animistischen Vorstellungen erklären wollen. Die ersteren beiden Beweggründe würden die Anthropophagie schwerlich zu mehr als zu einem gelegentlichen oder häufiger geübten Brauch, aber nicht zu dem Range einer festen Sitte sich haben erheben lassen, während wir gegen die Berufung auf ursprüngliche animistische Beweggründe in Uebereinstimmung mit Steinmetz wiederum einzuwenden haben, dass sie zu ideal und zu wenig substantiell sind. Wenn Steinmetz¹⁾ statt dessen annimmt, dass die Anthropophagie aus den Zeiten der ältesten, noch halb thierischen Rohheit stammte, wo alle idealeren Regungen, welche sich heute gegen die Ausübung dieses Brauches sträuben, noch nicht entwickelt waren, das Verzehren von Menschenfleisch vielmehr für das Gefühl auf derselben Stufe stand wie das von anderem Fleisch, so können wir vom psychologischen Standpunkte aus dieser Erklärung nur beistimmen.

10. Die Sitte der *Beschneidung* hat man theils auf religiöse Beweggründe, wonach sie eine Art Opfer darstellen sollte, theils auf den Wunsch der nationalen Absonderung, theils auf den vermehrten Genuss bei der Ausübung des Geschlechtsactes, theils endlich auf Gesundheitsrücksichten zurückführen wollen. Von allen diesen Beweggründen erscheint uns nur der letztere substantiell genug, um psychologisch in Betracht zu kommen. In derselben Richtung wie er liegt eine Vermuthung Mucke's, dass der Grund der Beschneidung in der Erleichterung des Verkehrs bestehe, die durch die Abtrennung des Ueberflüssigen hervorgerufen wird, wobei Mucke zum Vergleich auf eine Beobachtung Karl's von den Steinen hinweist, dass einige Indianerstämme sich die Wimpern abschneiden, um besser sehen zu können²⁾.

11. Die Festlichkeiten, mit denen der Eintritt in das mannbare Alter bei vielen Stämmen verknüpft ist, hat man angesichts ihres vorwiegend religiösen Charakters in der Regel von Anfang an auf religiöse Beweggründe zurückführen wollen; uns erscheint jedoch eine Vermuthung von Robertson Smith sehr beachtenswerth³⁾, dass diese Feste, die noch heute bei kriegerischen Stämmen die Jünglinge Proben ihrer kriegerischen Thätigkeit ablegen lassen, ursprünglich diesem praktischen Umstände ihre Entstehung verdankt haben und erst später die mehr ideellen religiösen Beweggründe sich zu dem Beherrschenden in der ganzen Sitte gestaltet haben.

12. Die Entstehung des *männlichen Kindbettes* hat Bachofen aus den Bestrebungen des Vaters abgeleitet, den Antheil an seinem Kinde vor der Welt dadurch festzustellen, dass er das Wochenbett der Mutter nachahmte. Ganz abgesehen davon, dass dieses bei Natur-

1) Mittheilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien 26, 1 bis 60.

2) Mucke, Horde und Familie, S. 80.

3) Robertson Smith, The religion of the Semites 1, 310.

völkern nicht existirt, ist hier die geringe Wirksamkeit eines so ideellen und von so weitschauender Reflexion eingegebenen Beweggrundes offenbar so einleuchtend, dass diese Erklärung von vornherein aussichtslos erscheint. Der wirkliche Beweggrund muss offenbar zunächst in Sympathievorstellungen gesucht werden¹⁾, die wir bei allen Naturvölkern stark entwickelt finden, und die bei der Lebhaftigkeit ihres Geisterglaubens, der Wirklichkeit und Phantasie für sie untrennbar in einander fließen lässt, offenbar eine sehr starke Kraft als Beweggrund besitzen.

13. Die Sitte des *Mutterrechtes*, insbesondere die Sitte, die Verwandtschaft nach der Mutter zu rechnen, hat Grosse noch jüngst auf das Bestreben zurückgeführt, die Heirath zwischen auf mütterlicher Seite verwandten Personen zu vermeiden²⁾. Wir können nur mit Verwunderung feststellen, dass ein psychologisch so durchgebildeter Forscher hier einem so abstracten Beweggrunde eine so weitgreifende Rolle zuschreibt. Als ein ähnlicher, freilich weit schlimmerer Missgriff erscheint es uns, wenn noch jüngst Kohler, von der Gewohnheit juristischer Begriffsconstructionen wohl zu einer etwas einseitigen Intellectualisirung der Dinge verleitet, die Sitte der Exogamie aus einer totemistischen Gesellschaftsgliederung mit der Begründung abzuleiten versucht hat, die Endogamie würde eine Art von logischem Widerspruch bedeuten, da „kein Thier in sich selbst hinein heirathet“³⁾.

Für das *Fortbestehen* einer Sitte kommen zum Theil andere Beweggründe als für ihr Entstehen in Betracht, nämlich ausser den *praktischen*, auf einen naheliegenden greifbaren Nutzen gerichteten, abgesehen von der Macht des Herkommens und der Gewohnheit, auch *idealere*, in der Regel als *sittliche* Motive bezeichnete Beweggründe, die von der Rücksicht auf einen bestimmten äusseren Effect abstrahiren. Gewiss reicht in vielen Fällen die Macht der Ueberlieferung und der psychologische Zwang, den eine durch viele Generationen hindurch überlieferte und fortgepflanzte feste Form des Benehmens und Handelns vermöge ihrer tiefen Einwurzelung in den Mechanismus der Bewusstseinsvorgänge auf den Einzelnen ausübt, zur Aufrechterhaltung einer Sitte auch dann hin, wenn ihr ursprünglicher praktischer Beweggrund verloren gegangen und dabei nicht, was in den meisten Fällen zu geschehen pflegt, durch andere Beweggründe verwandter Art ersetzt ist. Zunächst freilich wird es sich für die Forschung empfehlen, stets nach praktischen Motiven zu suchen, und die eindringende Untersuchung wird

¹⁾ Dargun, Mutterrecht und Vaterrecht, S. 19.

²⁾ Grosse, Die Formen der Wirthschaft und die Formen der Familie. Leipzig und Freiburg 1896.

³⁾ Kohler, Zur Urgeschichte der Ehe, S. 40. Berlin 1897.

an Ort und Stelle oft praktische Motive zu entdecken vermögen, wo es sich anscheinend nur um eine leere Gewohnheit oder ein müßiges Spiel handelt. So ist es typisch, wenn Schinz bei den Hottentotten festzustellen vermochte, dass die dort übliche Berussung der Weiber, die anscheinend nur zum Schmucke diene, nach bewährten Quellen nur zur Zeit der Menses vorgenommen wird¹⁾, oder wenn Ehrenreich bei den Purustämmen das lärmende Geschrei, mit dem der Fremde dort die Dörfer zu betreten pflegt, auf die Furcht der Eingeborenen vor bösen Geistern zurückführen konnte, angesichts deren der Fremde sich sofort als Menschen zu documentiren bestrebt ist²⁾.

Bei einer einmal bestehenden Sitte gesellen sich aber, wie erwähnt, häufig rein sittliche, abstracte Antriebe hinzu, um sie aufrecht zu erhalten. In dem Falle, wo die praktischen Antriebe in Wegfall gekommen und auch dem Bewusstsein entschwunden sind, die Sitte also gleichsam die Spuren ihrer Entstehung hinter sich verwischt hat, entsteht dann für die naive Betrachtung leicht der täuschende Schein, als seien rein ideale sittliche Urtheile und Gefühle mächtig genug gewesen, Sitten und sociale Institutionen hervorzurufen, die in der That ganz anderen Ursachen von gröberer Natur ihren Ursprung verdanken, und an denen umgekehrt erst, gleichsam als an ihren massiven Stützen, sich die zarteren sittlichen Gefühle und Urtheile haben entwickeln und emporranken können, die sie jetzt zu stützen scheinen. Welcher naive Betrachter wollte heute in der Verfehlung des Incestes, des Selbstmordes, der Bestialität etwas Anderes als den Ausdruck eines unmittelbaren sittlichen Gefühles erblicken? Und doch kann es keinem Zweifel unterliegen, wenn auch im Einzelnen diese Dinge sich noch der Entschleierung entziehen, dass diese sittlichen Gefühle erst das nachträgliche Ergebniss bereits bestehender Einrichtungen waren, die durch ganz andersartige Ursachen ins Leben gerufen waren. Dem schärfer blickenden Betrachter verräth sich freilich die zartere, gleichsam weniger resistente Natur dieser idealen Beweggründe bisweilen in der Thatsache, dass die von ihnen gestützten Anschauungen sich auf die Dauer in einem Zeitalter gesteigerter Individualisirung des Denkens nicht immer der Discussion und Kritik zu entziehen vermögen. So hat man im Gegensatz zur Verurtheilung des Selbstmordes und der Vernichtung des keimenden Lebens gelegentlich wohl einem Recht auf den Tod das Wort reden wollen — was in einem Zeitalter, wo die Bevölkerungsmenge von einem Rückgange bedroht ist, unter normalen Umständen nicht denkbar wäre —, ähnlich wie mit der Bestrafung der Bestialität der neue Entwurf eines Schweizerischen Strafgesetzbuches gebrochen hat, und selbst der Adelphogamie vermag

¹⁾ Schinz, Deutsch-Sudwestafrika, S. 85.

²⁾ Veröffentlichungen des Königl. Museums für Volkerkunde, 2, 67. Berlin.

der Anthropologe vom Standpunkte der Rassenzüchtung aus eine vortheilhafte Seite abzugewinnen¹⁾. Insbesondere zeigt die geringere Kraft rein idealer Motive sich dann, wenn praktische Beweggründe ihnen entgegentreten und das Erlöschen einer Sitte oder Institution erzwingen. So sehen wir die Sitte der Gastfreundschaft an bestimmte wirthschaftliche Zustände gebunden und über sie hinaus durch das ihr innewohnende sittliche Element nicht vor dem Verfall geschützt. Analog erweist sich heute bei dem Kampf gegen das Gymnasium die Berufung auf dessen idealen Bildungswerth auf die Dauer als machtlos. Gerade an diesem Beispiel können wir sehen, wie die idealen Beweggründe geradezu den Verfall einer Institution begleiten können, indem sie deren ursprüngliches praktisches Motiv — in diesem Falle den Nutzen einer Fachschule für den künftigen Gelehrten — vergeblich zu ersetzen suchen.

Wir rühren hier an Dinge von der äussersten Wichtigkeit: es handelt sich um nichts Geringeres als den *Mechanismus der Entwicklung des sittlichen Lebens*, um die Verquickung der wahrhaft sittlichen Motive mit indifferenten oder egoistischen und ihre Forderung durch diese. Der Erste, der die Tragweite der hier uns entgegentretenden Probleme empfunden, wenn auch mehr gefühlt als klar erkannt hat, ist wohl Nietzsche gewesen; an einem tieferen Eindringen hinderte ihn, von Anderem abgesehen, sein völliger Mangel an einschlägigen Kenntnissen. Nur die Völkerkunde wird in Verbindung mit der Psychologie dies Dunkel zu lichten vermögen.

Wir kehren noch einmal zu der *Entstehung* der Sitten zurück, um uns kurz mit der sogenannten *materialistischen Geschichtsphilosophie* auseinanderzusetzen, deren Lehren gegenwärtig auch bei ethnologischen Erörterungen mehrfach Anerkennung gefunden haben. Ihren wesentlichen Sinn dürfen wir wohl, ohne erheblichen Widerspruch zu befürchten, dahin zusammenfassen, dass für alle Massenerscheinungen im geistigen Leben wirthschaftliche Beweggründe die häufigsten und im Kampfe mit andersartigen Motiven stets siegreichen Ursachen sind. Blicken wir nun auf unsere frühere Liste zurück, so können wir dieser Lehre für unser Problem nur theilweise zustimmen. Sie geht von der egoistischen und niedrigen Natur des Menschen aus, und darin muss ihr der Völkerpsychologe wenigstens für tieferstehende Stämme mit Bestimmtheit beipflichten. In vereinzelt Fällen, wie möglicherweise der Sitte des männlichen Kindbettes, mag die Sorge für einen unmittelbar greifbaren Vortheil *anderer* Personen eine Sitte ins Leben gerufen haben, im Allgemeinen sicher nur egoistische Antriebe. Allein diese treten — und das übersah die in Rede stehende Doctrin —

¹⁾ Lapouge, *Les selections sociales*, p. 155, 194. Paris 1896.

uns nicht bloss in Gestalt wirthschaftlicher, d. h. auf das unmittelbare körperliche Gedeihen sich beziehender Beweggründe entgegen, sondern auch in Verbindung mit *mythologischen Vorstellungen*.

Die Entstehung von Sitten aus der letzteren Quelle hat man gelegentlich nicht bloss in einzelnen Fällen wahrscheinlich machen wollen, sondern namentlich Wundt hat aus allgemeinen psychologischen Gründen für die Sitte durchweg, wenn auch nicht ausnahmslos, einen religiösen Ursprung, insbesondere einen solchen aus Culthandlungen, behauptet¹⁾. In dieser speciellen Fassung kann man seiner Ansicht von vornherein kaum beipflichten, da bei den primitivsten Stämmen die religiösen Regungen viel zu wenig entwickelt sind, um es überhaupt bis zu einem Cult zu bringen. Davon abgesehen, darf man zur richtigen Würdigung dieser Ansicht nicht aus den Augen lassen, welche Lebendigkeit und Realität die Geisterwelt für den Naturmenschen besitzt. Steinmetz hat das noch jüngst schön in einer Untersuchung über den Selbstmord bei den Naturvölkern gezeigt. Der Selbstmord ist vorzüglich deswegen bei ihnen so häufig und so weit verbreitet, weil sich ihrer Phantasie die jenseitige Welt mit solcher Lebhaftigkeit als eine Wirklichkeit aufdrängt, dass ihnen die Vertauschung der diesseitigen Welt mit ihr nur wie eine verlockende Reise erscheint, bei der man eine kurze Unbequemlichkeit während der eigentlichen Reise um des verlockenden Zieles wegen willig in den Kauf nimmt. Wo die religiösen Antriebe eine solche sinnliche Kraft besitzen, dass sie praktischen Antrieben gleichwerthig werden oder vielmehr selbst zu solchen sich gestalten, da werden wir an einen derartigen religiösen Ursprung der Sitte glauben dürfen; allein das Vorhandensein solcher mit unmittelbarer sinnlicher Kraft wirkenden Antriebe bedarf in jedem einzelnen Falle erst des Nachweises. So lange er nicht erbracht ist, müssen wir in jedem einzelnen Falle die Anschauung eines religiösen Ursprunges der Sitten für psychologisch ungerechtfertigt erklären.

¹⁾ Wundt, Grundriss der Psychologie, zweite Auflage, S. 359. Leipzig 1897. Wundt, Ethik, zweite Auflage, S. 110.

DIE
WISSENSCHAFTLICHEN ANSCHAUUNGEN
UBER DIE
GERBEPROCESSE IN IHRER ENTWICKLUNG.

VON

F. KNAPP.

Wenige Gewerbszweige haben so spät wissenschaftliche Beachtung gefunden, wie die Umwandlung der thierischen Haut zu Leder. Jahrhunderte lang bestand und entwickelte sich die Praxis zu einem hohen Grade von Vollkommenheit, und zwar selbstständig ohne Beihülfe der Wissenschaft, bis man sich zu einer theoretischen Erklärung der zu Grunde liegenden Prozesse herbeiliess. Die Anfänge dazu fallen mit dem Eintritt der Chemie in die Reihe der Wissenschaften zusammen: man begnügte sich mit dem Hinweis auf die äussere Aehnlichkeit des Vorganges mit anderen chemischen Procedures, sowie auf die Thatsache, dass die vegetabilischen Gerbstoffe mit dem thierischen Leim Niederschläge geben. Von vornherein war mit diesem vorläufigen Hinweis höchstens eine Erklärung der Lohgerberei, aber gar keine der anderen Zweige, der Sämisch-, der Weissgerberei, gegeben; andererseits war derselbe mit einer Reihe von anderen feststehenden Thatsachen völlig unvereinbar. Zunächst ist die Beschaffenheit des Niederschlages des thierischen Leims mit Gerbstoff das gerade Gegentheil von der des Leders: der Niederschlag bleibt nach dem Trocknen als spröde, leicht pulverisirbare Masse im Gegensatz zu dem geschmeidigen Leder. Dazu kommt, dass die thierische Haut zwar vorzugsweise aus einem leimgebenden Gebilde besteht, aber kein Leim ist. Wird lohbares Leder selbst in der Kälte von einer verdünnten Lösung von kohlen-saurem Natron oder Ammoniak digerirt, so geht der Gerbstoff an das Alkali über, aber was zurückbleibt, ist nicht Leim, sondern das Hautgewebe in seiner ganzen unveränderten histologischen Natur und Form. Alle diese Erscheinungen hinderten nicht, dass man z. B. von französischer Seite sich aufs Nachdrücklichste für die Auffassung des Leders als einer chemischen Verbindung aussprach; einer „*mariage d'inclination*“ von einer Stärke und Dauer, die Jahrhunderten widerstehe und schon von Homer und Virgil gepriesen sei. Doch weiss man, dass Leder aus römischen Gräbern bei äusserer Aehnlichkeit mit Leder statt Gerbsäure nur noch Humus enthielt. In noch stärkerem Widerspruch wie die erwähnten Thatsachen stehen die Er-

gebnisse der Analysen von Leder mit der Möglichkeit, dasselbe als eine eigentliche chemische Verbindung zu betrachten; sie führten niemals auf feste Gewichtsverhältnisse, wie sie doch zu einer solchen unerlässlich sind. Aeussere Einflüsse, wie Natur der Lösungsmittel, Concentration der Lösung u. a., bedingen sogar bei ein und demselben zum Gerbmachen dienenden Stoff, z. B. der Gerbsäure, wechselnde Ergebnisse. Sämmtliche Momente der Bildung und des Verhaltens der Leder verweisen den Gerbprocess aus dem Bereich der Chemie vielmehr in das Gebiet der Physik; sie kennzeichnen ihn als Erscheinung der „Flächenanziehung“, also ganz analog der Entstehung dessen, was man gemeinhin als Flecken auf Webstoffen, Papier etc. nennt, in vielen Fällen aber auch manchen technischen Processen. Unter diesen in erster Linie die Färberei, ja man kann die Gerberei im Princip als einen nur dem Zweck nach verschiedenen Fall der Färberei bezeichnen.

Ein auf ein weisses Tischtuch fallender Tropfen Rothwein bildet zwei concentrische Flecken: einen inneren blaurothen durch Haften des Farbstoffes an der Gewebefaser; einen zweiten an der Peripherie des rothen, durch die entfärbte Flüssigkeit. Zweierlei Kräfte kommen im Entstehen des Fleckens in Gegenwirkung auf den Farbstoff: die lösende des Weingeistes gegenüber der Anziehung, die von der Oberfläche der Fasern ausgeht, die bestrebt ist, die Farbstoffmolekeln der Lösung zu entziehen und an sich festzuhalten. Die letztere Kraft ist die stärkere, daher Entstehung des rothen Fleckens und Entfärbung des Weins. Ganz so ist der Vorgang in der Kufe des Gerbers. Hier wie dort gestaltet sich der Verlauf nach den mitwirkenden begleitenden Umständen und zwar den folgenden, die sich wesentlich geltend machen. Die Kraft, mit der feste Körper andere in einer Flüssigkeit gelöste anziehen, ist von deren Natur in hohem Grade abhängig und ungleich, sie ist hervorragend gerade bei den Faserstoffen der Gewebe, höchst ausgezeichnet bei thierischer Kohle, wie bekannt. Selbstverständlich kommt aber auch der Umfang der anziehenden Fläche in Betracht, der bei pulverigen, faserigen, porösen Stoffen zu sehr bedeutenden Grössen anschwillt. Andererseits spielt auch die specifische Natur der Lösungsmittel für die Farb- bzw. Gerbstoffe eine Rolle. Sie bietet nicht bloss grosse Verschiedenheiten hinsichtlich der Menge, die sie aufzunehmen vermögen, sondern auch in einer Eigenschaft, der man sonst wenig Aufmerksamkeit gönnt, während sie in Fällen, wie die vorliegenden, von hochgradigem Einfluss ist. Es handelt sich um die Erscheinung, dass verschiedene Flüssigkeiten in ihnen aufgelöste Stoffe bald mit grösserer, bald mit geringerer Kraft zurückhalten gegen Einflüsse, die sie ihnen zu entziehen bestrebt sind. Im Gegensatz zu ätzenden Alkalien z. B. ist gerade die Kraft, mit der Wasser, Weingeist etc. aufgelöste Farb- und Gerbstoffe zurückhalten, sehr gering und sehr

leicht durch Flächenanziehung zu bewältigen. Farbstoffe, Gerbsäuren z. B. zeichnen sich geradezu aus durch den geringen Widerstand gegen Flächenanziehung, durch die Leichtigkeit, mit der sie ihren Lösungen durch Kohle, animale und vegetabile Fasern entzogen werden. Die Aufnahme von dem Gerbmittel würde an sich nun noch nicht ausreichen, ein die Bezeichnung Leder verdienendes Product zu bilden; es geschieht in Wirklichkeit, weil in der Aufnahme des Gerbmittels zugleich die Beseitigung einer dem Gerber höchst feindlichen Eigenschaft der thierischen Haut liegt. Die Faser dieses Gebildes (wesentlich Bindegewebe) vermag sich nämlich mit einer sehr erheblichen Menge Wasser zu imprägniren und besitzt in diesem Zustande die ungewöhliche Geschmeidigkeit, die sie für den Thierorganismus so geeignet macht. Mit der Zeit aber wandelt sie sich unter dem Einfluss der Imprägnation mit Wasser und Verlust ihrer Form und Festigkeit allmählig in einen in Wasser unbegrenzt aufquellenden Körper, eine Gallerte (Coriin). In der That ist diese Gallertbildung bei der Haut in der Hand des Gerbers stets einigermassen im Gang und jede Faser mit einer dünnen Schichte eingehüllt. Kommt nun Haut zum Trocknen, so bleiben die Fasern bei ihrer Weichheit und Geschmeidigkeit, wie sie auch schwinden, immer dicht an einander liegend und kleben mit dem endlichen Abgang des Wassers durch die anhängende Gallerte zu einer dichten, hornartigen Masse zusammen, in der die Fasern nur unsichtbar latent liegen, die den Begriff des Leders geradezu verleugnet. Umgekehrt, in der Lösung des Gerbstoffes behandelt, überzieht sich jede Faser aufs Gleichmässigste mit einer Schicht des Gerbmittels, das Coriin niederschlagend und die Faser einhüllend, die im Trocknen die Berührung der klebenden Flächen und damit das Zusammengehen zu einer hornigen Masse verhindert. Alle Fasern trocknen zu freien in ihrer Bewegung ungehinderten Fasern, zu losem Gewebe, damit die wichtige Beschaffenheit der Haut, die Basis ihrer Anwendung als Leder, conservirend. — Aus diesem Stand der Dinge begreift sich leicht die in Beziehung zur Haut grosse Beständigkeit des Leders gegen Fäulniss. Die Umhüllung der thierischen Faser mit dem Gerbmittel — zumal dieses durch den Bann der Flächenanziehung gegen seine Natur unlöslich vorliegt — ist ein lückenloser Schutz gegen die in der Luft verbreiteten Keime der Fäulniss (Infusorien etc.), die sie einzuleiten pflegen. Kommt bei dem Gerbmittel nach seiner Natur eine an sich fäulnisswidrige Wirkung hinzu, so wächst der Widerstand auch damit erheblich.

Mit der Isolirung der Hautfasern durch die darauf fixirte Schicht des Gerbmaterials ist deren freie Beweglichkeit, d. i. die Weichheit und Geschmeidigkeit des Leders, im weiteren Sinn dem Begriff von Leder, aber noch keineswegs dem Begriff eines den verschiedenen Anwendungen genügenden Leders genügt.

Zu den Anforderungen an ein gutes und zweckentsprechendes Leder gehört nämlich wesentlich noch, was der Praktiker als „Griff“ bezeichnet. Man versteht darunter — im Gegensatz zur „Flachheit“ und „Plattheit“ — ein Aufgehen nach der Dicke, eine gewisse damit Hand in Hand gehende Fülle der Gerbung, die sich dem Geübten sofort beim Anfühlen zu erkennen giebt. Erst mit dem Griff treten die den vollen Gebrauchswerth bestimmenden Eigenschaften des Leders ein. Der Griff erfolgt nun, nicht aus der Aufnahme von Gerbmateriale an sich, sondern vielmehr aus der Aufnahme einer bestimmten sehr erheblichen Menge desselben. In diesem Sinne ist auch der Begriff der „Gare“ in der Praxis zu fassen, im Sinne also einer möglichen Sättigung mit Gerbmateriale. Erst in diesem Zustande ist ein Leder zur Aufnahme von Fett, Dégras etc., zum „Schmieren“ geeignet. Zufolge der Analysen beträgt der von dem Hauptgewebe aufgenommene vegetabilische Gerbstoff in der Lohgerberei 40 bis 60 Proc. des trockenen Leders, ja noch darüber, je nach dem zum Garmachen dienenden Rohmateriale.

Die mit der wissenschaftlichen Erforschung des Gerbeprocesses gewonnene klarere Erkenntniss von der Natur des Leders konnte nicht verfehlen, alsbald weitere Fragen an dieselbe zu stellen, und zwar nach zwei verschiedenen Richtungen: zunächst, wie gestaltet sich der Vorgang im Einzelnen und Besonderen bei den verschiedenen in der Praxis gebräuchlichen Gerbmethoden? Dann, giebt es ausser den in der herkömmlichen Praxis üblichen, im weiten Bereich der Stoffe in der Natur noch andere der Umwandlung von Haut in brauchbares Leder fähige?

Was die erste Frage anlangt, so ist ja längst bekannt, dass die in der Lohgerberei dienenden Vegetabilien (Lohrinde, Sumach, Fichtenrinde, Galläpfel etc.) einfach die in ihnen enthaltenen vegetabilischen Gerbstoffe (Tannin u. s. w.) an die Hautfaser abgeben. Schon etwas anders liegt die Sache bei der Sämschgerberei, der Gerbmethode, die die Eigenschaften der Haut, namentlich im Sinn der Geschmeidigkeit und Beständigkeit am vollkommensten wiedergiebt¹⁾. Hier ist die Aufnahme des Gerbmateriale (Thrans) zunächst nur eine äusserliche mechanische Tränkung, während die Gare erst in zweiter Instanz durch Vermittelung der atmosphärischen Luft, durch eine Oxydation des Fettes stattfindet, wie sie sich schon durch merkliche Temperaturerhöhung zu erkennen giebt. Es ist in der That nicht der Thran, sondern das daraus entstehende Oxydationsproduct, das die Gare, und zwar in besonders inniger Verbindung mit der Faser, constituirt.

Beim Garmachen der Haut mit Alaun hat die wissenschaftliche Untersuchung eine Spaltung dieses Doppelsalzes erwiesen in dem Sinne, dass neben Abscheidung des in der Lösung verbleibenden schwefel-

¹⁾ Wesentlich erhöht durch Abstossen des Narbens.

sauren Kalis (bezw. Ammoniaks) die schwefelsaure Thonerde von der Hautfaser aufgenommen wird und zwar, wenn keine störenden Nebenumstände (Vorhandensein von Kalk etc., wie sie in der Praxis einigermassen statthaben) dazwischen treten — ohne jede weitere Umsetzung Ungleich verwickelter liegen die Erscheinungen bei der schon an sich complicirten Gerberei des Glacéleders und dem verwandten Kalbkidd, wobei neben dem Alaun noch Kochsalz, sowie Weizenmehl und Eigelb zur Verwendung kommen. Die wissenschaftliche Untersuchung stellte zunächst fest, dass die Stärke des Mehls im fertigen Leder gar nicht oder nur ganz oberflächlich an der Aasseite nachweisbar, keinen bleibenden Bestandtheil desselben abgiebt. Ebenso stellte sich die früher wohl gehegte Vermuthung einer Umsetzung des Alauns mit dem Kochsalz zu Chloraluminium, als der Wirklichkeit nicht entsprechend, heraus. Der Alaun wird vielmehr gleich zu Eingang der Behandlung mit jener Mischung — der sogenannten „Nahrung“ — seine schwefelsaure Thonerde an die Faser der Haut, unter Hinterlassung des alkalischen Sulfats in der Lösung, abgeben. Dies nur als Vorbereitung zur eigentlichen Gare durch die Bestandtheile des Mehles und des Eigelbs; denn deren Aufnahme vollzieht sich erst unter fortgesetztem Bearbeiten durch Kneten, während die Reaction der Faser auf den Alaun sofort mit dem Einbringen der Haut Platz greift. Wie man aber weiss, nimmt die Haut Stoffe der Art, wie sie aus dem Mehl und Eiweiss hervorgehen, ungleich leichter, rascher und reichlicher auf nach einer, wenn auch leichten, Vorgerbung als im natürlichen Zustande. Die eigentlichen Gerbmittel bei dieser Art des Garmachens sind nun die unlöslichen, amorphen, in hohem Grade bis zur äussersten Zertheilung gehenden, höchst aufquellenden Verbindungen der Thonerde des Alauns mit den Kleberstoffen des Mehls, sowie dem Eiweiss dieses und des Eigelbs. Körper dieser Beschaffenheit werden ja beim Kneten von der Haut ungemein energisch angenommen. Gleichzeitig mit der Aufnahme dieser Thonerdeverbindungen geht das gelbe Oel des Eigelbs in die garende Haut über, wobei die Natur desselben, als eine höchst vollkommene Emulsion, einen grossen Vorschub leistet; denn sie bietet eben das Oel in jener weitgehenden mechanischen Zertheilung, wie sie die Haut zur Aufnahme verlangt. Wie jene organischen Verbindungen der Thonerde das Aufgehen und die Fülle der Gerbung, so bedingt das Oel die Verschieblichkeit der Fasern, den „Zug“ des Leders. So wenig wie die Stärke bietet das Kochsalz keinen bleibenden Bestandtheil des garen Productes; beide spielen nur eine vorübergehende fordernde, aber keineswegs unwichtige Rolle. Das Stärkemehl als inerte pulverige Substanz wirkt dem Zusammenballen der gallertartigen Thonerde entgegen und hält sie in gehöriger Zertheilung; das Salz bewirkt, als ausgezeichnete osmotische Substanz, bei der Niederschlagung des Thonerdesulfats aus dem Alaun eine fortdauernde Strömung der Flüssig-

keit innerhalb der Hautzwischenräume nach aussen und umgekehrt, wodurch das freigewordene Alkalisulfat nach aussen fort- und der Alaun von da in die Haut geschafft wird. Zugleich schlägt es das in Kochsalzlösung unlösliche Coriin auf die Faser nieder.

Bei dem nach in bekannter Art gar gemachten Leder tritt nicht selten eine unerwartete räthselhafte, unliebsame Erscheinung ein — die Mürbheit. Macht man in ein solches Leder einen Einschnitt am Rande, so lässt es sich von diesem aus leicht und mit geringem Widerstand zerreißen, was bei gesundem Product nicht gelingt. Man bezeichnet ein derartig schadhafte Leder in der Praxis als „verbrannt“ und denkt sich dabei die Sache als Folge irgend eines Angriffs, einer Schwächung der Faser durch irgend einen feindlichen Stoff, ohne sich jedoch näher darüber Rechenschaft zu geben. Die wissenschaftliche Untersuchung des Uebels liess die herrschende Vermuthung als gänzlich irrig und die Ursache als gänzlich verschieden erkennen. Wie sich zunächst ergab, enthalten die Häute, auch die kunstgerecht und sorgfältig rein gemachten, den Keim des Fehlers der Mürbheit schon als Blösse in sich und zwar in Gestalt eines Rückhalts von Kalk, der sich auf dem üblichen Wege durch Ausstreichen oft nicht völlig beseitigen lässt. Beim Zusammentreffen mit dem Alaun der Nahrung bildet derselbe sofort schwefelsauren Kalk, der beim Trocknen des Leders die Faser krystallinisch umhüllt. Damit ist aber eine Haupt- und Grundbedingung der guten Qualität des Leders aufs Gröbste verletzt. Es ist nämlich ausser Zweifel gestellt, dass alle auf die Hautfaser niedergeschlagenen Stoffe, die im trockenen Zustande als starre, spröde Körper oder in Krystallen auftreten, die Geschmeidigkeit und Biegsamkeit in dem Grade beeinträchtigen, dass die Faser, statt sich nachgebend in der Richtung des Zuges zu strecken, eher zerreisst. Am nachtheiligsten und vorzugsweise zeigt sich dieser Fehler bei dem viel dichteren und geschlosseneren Gewebe der Haarseite der Haut und oft schon in auffallendem Grade, während die Innen- oder Aasseite davon noch frei ist: der „Narbenbruch“ der Praktiker.

Die gewonnene bessere Erkenntniss des Gerbeprocesses und der Natur seiner Producte legte die weitere zweite Frage nahe, ob neben den seit lange gebräuchlichen nicht noch andere Stoffe sich ebenso gut und dabei vortheilhafter zur Lederbereitung eignen. Sie erhält in der That besonderes Gewicht im Hinblick auf die unleugbaren wirthschaftlichen Schattenseiten der überkommenen Praxis; bei der Lohgerberei in dem unverhältnissmässigen Zeitaufwand, der bei schwereren Häuten bis zu 18 Monaten steigt, nach dem Grundsatz: „Zeit ist Geld“; bei der Glacégerberei in der Verwendung von werthvollen Nahrungsmitteln, wie Ei und Weizenmehl. In der ansehnlichen Reihe von Vorschlägen, die im Laufe der Zeit hervorgetreten, waren einige nur ephemere Erscheinungen, andere, die bleibenden Werth

Die wissenschaftl. Anschauungen über d. Gerbeprocesses i. ihr. Entwicklung. 163
versprochen, sehen noch immer ihrer Prüfung durch die Praxis im
grossen Maassstabe entgegen.

Schon sehr lange sind die gerbenden Eigenschaften der den Thonerdesalzen analog zusammengesetzten Eisenoxydsalze bekannt. Nach verschiedenen Versuchen, wobei sich das neutrale Sulfat als nicht sehr günstig für die Eigenschaften des Productes ergab, fand man die basischen Eisenoxydsalze weit entsprechender. Sie fallen, wie die Neutralsalze, ungemein rasch an und geben über Nacht, in ein bis zwei Tagen, ein sattes, gut aufgegangenes Leder von annehmbaren Eigenschaften. Als ganz ausgezeichnet in seiner Einwirkung auf die Blösse bewährte sich ein eigens für Gerbzwecke zuerst entdecktes basisches Eisensalz, welches man durch Behandlung von Eisenvitriol mit Natronsalpeter und Schwefelsäure, alles im Aequivalentverhältniss, erhält. Nach Austreibung der Salpetersäure bleibt eine gelbrothe in Wasser und in Weingeist gleich leicht lösliche Salzmasse, in beiden ohne Rückstand, aus zwei Eisenverbindungen bestehend: einem basischen Oxydsalz ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{SO}_3$) neben einem anderen eben solchen, worin die Hälfte des Eisens durch Natrium vertreten ist $2(\text{FeNa}_2)\text{O}_3$. Das Verhalten der rothgelben Lösung zur Haut lasst in der That nichts zu wünschen, weder in Bezug auf die Zeit zum Garen, noch auf die Reichlichkeit der Aufnahme durch die Haut; selbst die Farbe des Leders ist eine annehmbare, ins Gelbe gehende, dem Lohgaren schon ähnelnde Farbe. Nur in einem allerdings entscheidenden Punkte liess die gerbende Lösung im Stich: sie bildet nämlich beim Eintrocknen einen gelbrothen, klaren, zwar amorphen, aber harten, zerreiblichen Lack und ist eben deshalb unverträglich mit der Geschmeidigkeit des Leders; Neigung zu Narbenbruch bei einem gewissen Grade von Trockenheit sind die Folgen. Auch ein eigentlicher Angriff auf die Faser kann erfolgen, weil Eisenoxyd auf organische Substanzen durch Abgabe von Sauerstoff chemisch einwirkt; Rostflecken von Eisenoxyd auf Leinwand machen ja die Stelle brüchig bis zur Entstehung von Löchern.

Die denen der Thonerde entsprechenden Salze des Chromoxyds, auf die man die wissenschaftlichen Versuche weiterhin ausdehnte, zeigten sich den Eisenoxydsalzen für Zwecke der Gerberei entschieden überlegen. Diese letzteren in den günstigen Eigenschaften noch übertreffend, sind sie andererseits frei von den schädlichen: schwefelsaures Chromoxyd und Chromchlorid wirken eminent gerbend auf die thierische Haut, sie fallen schnell und reichlich an, ohne gleichzeitig durch Abgabe von Sauerstoff die Faser anzugreifen. Die Leder fallen ansehnlich, aufgegangen, weich aus und sind gut zu stollen. So bei 30- bis 40facher Verdünnung der Lösung mit Wasser; concentrirte Lösungen vertragen sich ja überhaupt nicht gut mit der Natur der Haut. Bei dem sehr günstigen Verhalten der neutralen Chromsalze gewährt es keinen entsprechenden Nutzen, sie zur Anwendung vorher in basische

zu verwandeln. Trotz der Verdünnung nimmt die Haut 40 bis 50 Proc. ihres Trockengewichtes an Chromsalz auf, wozu 1 bis 2 Tage Zeit völlig genügen. Die Kraft, mit der das Gewebe der Haut die Chromverbindung auf sich niederschlägt, ist gross genug, um der Lösung bei zureichender Menge das erstere, das Salz, völlig zu entziehen. Ganz wie bei dem Alaun gelingt das Garmachen sowohl mit klarer Salzlosung, als auch in Form von „Nahrung“. Die Farbe des chromgaren Leders kann verschieden ausfallen, je nachdem in dem Chromsalz die eine oder die andere der beiden Modificationen des Chromoxyds vorherrscht.

Auf der Anwendung der sogenannten „Nahrung“ der Weissgerber ruht bei allen ihren Vorzügen in technischer Beziehung ein Schatten und zwar, wie schon gesagt, im wirthschaftlichen Gesichtspunkt: sie entzieht dem Bereich der Nahrungsmittel zwei höchst werthvolle Glieder: das Eigelb und das Weizenmehl. Ein Ersatz durch geeignete minderwerthige Stoffe erschien von vornherein wünschenswerth, und — nach der Kenntniss, die man von den Bedingungen einer richtigen Qualität des Leders gewonnen hatte — nicht hoffnungslos. Verschiedene Abfälle im gewöhnlichen Leben und den gewerblichen Betrieben von untergeordnetem Werth geben ja bekanntlich mit den Metalloxyden (Eisen-, Chromoxyd, Thonerde) ähnliche Verbindungen, wie die der Thonerde mit Eiweiss und Kleberstoffen, Verbindungen, die bei gleicher Beschaffenheit in den wesentlichen Punkten gleiche Anwendbarkeit zum Gerben vermuthen liessen.

Derartige Gerbemittel aus unterwerthigen Abfällen sind bis jetzt zwei auf Grund wissenschaftlicher Untersuchungen auf ihre etwaige Verwendbarkeit geprüft worden: das Blut der Schlächtereien und der menschliche Urin.

Das Blut enthält im Serum reichliche Mengen von Eiweissstoffen, die mit Thonerde-, Eisen- und Chromsalzen amorphe, voluminöse Niederschläge bilden. Das Gleiche gilt von dem Urin, dessen Gehalt an Harnstoff ebensolche bildet. Die Niederschläge beider Art sind stets und bleibend amorph, hoch aufgequollen, zart, weich, gallertartig und werden von der Haut nach geeigneter leichter Vorgerbung mit grosser Begierde rasch und reichlich aufgenommen und zwar ohne nachträglichen schädlichen Angriff auf die Faser. Wiederholte Versuche in dieser Richtung bestätigten den von den Eigenschaften der genannten Substanzen in Aussicht gestellten Erfolg. Der Urin giebt mit Alaun für sich keinen Niederschlag, der jedoch durch Zufügen von etwas Soda reichlich erfolgt. Zum Garmachen kann man die Haut entweder in zwei auf einander folgenden Bädern — Urin mit Soda, dann Alaun — durchnehmen, oder in einer Operation mittelst Kneten in dem vorher dargestellten Niederschlage. Das Leder ist von einer weissen Farbe, aufgegangen und gut stollbar. Das Blut ist zweckmässig vorher von

den rothen Blutkörperchen befreit als klares Serum zu verwenden und giebt dann ebenfalls ein helles Leder. Im Falle Eisen- oder Chromlösung statt Alaun gebraucht wird, entstehen natürlich Leder mit den entsprechenden Farben. Bei gehörig satter Gerbung enthalten die Leder mit Blut oder Harn und Alaun hergestellt über 40 Proc. Gerbmittel und bedürfen, beim Verfahren mit zwei Bädern, nicht mehr als 2 bis 3 Tage Zeit zur Gare.

Ein noch günstigeres Ergebniss lieferten weitere Versuche mit den Producten, die man durch Fällung der Seife mit denselben Mineralsalzen erhält, also mittelst der Verbindungen der Thonerde, des Chrom- und des Eisenoxyds mit den fetten Säuren. Diese Niederschläge theilen die guten Eigenschaften der vorhergehend besprochenen Gerbmittel, ja sie übertreffen sie noch in einem wichtigen Punkte wesentlich. Während jene dem Wasser beim Nasswerden, im Regen und im Waschen auf die Dauer nicht widerstehen und langsam angegriffen werden, schützt die absolute Unlöslichkeit jener seifenartigen Verbindung vollständig gegen diesen Fehler. Dem allerdings hohen Preise der Seife stände jedoch die Möglichkeit, diesen durch ein abgekürztes Verfahren beim Sieden der Seife zu ermässigen, gegenüber, insofern es sich ja für diesen Fall nur um Seifenlösung und nicht um fertige feste Seife handelt, auch ein mässiger Ueberschuss von Fett dem Leder nur zum Vortheil gereichen würde. Die Niederschläge aus der Seife mit den Metallsalzen, weil ausserordentlich geneigt, sich schon bei mässigem Druck zu Klumpen zusammen zu ballen, lassen die Methode des Garmachens durch Kneten nicht zu; die Methode in zwei auf einander folgenden Bädern hat dagegen keinerlei Schwierigkeit. Nur hat das Seifenbad voranzugehen, weil im umgekehrten Falle äusserlich anklebende Theile der Metallseifen die Narben beschmutzen. Für die Farbe des mit Seife bereiteten Leders gilt das Gleiche wie für die vorhergehenden.

Die verschiedenen, aufgeführten Ersatzmittel zur Lederbereitung für die zur Zeit in der Praxis üblichen sind aus wissenschaftlicher Untersuchung hervorgegangen, haben jedoch, mit einer einzigen Ausnahme, in der praktischen Gerberei noch keine Anwendung gefunden, selbst Versuche über ihren Werth für dieselbe in grösserem Maassstabe scheinen nicht angestellt zu sein.

Jene Ausnahme ist das Chromleder, welches neuerdings, von Amerika ausgehend, wachsende Verbreitung findet und dort namentlich von der Firma Förderer und Gebrüder Burk fabricirt wird. Das Gerbmittel ist ein durch Reduction des Chrombichromats mittelst schwefeliger Säure und Salzsäure bereitetes Chromchlorid. Das Garmachen soll in zwei verschiedenen Methoden ausgeführt werden: die in zwei Bädern und die in einem Bad; also Reduction des Bichromats vor dem Gerben und während des Gerbens. In den amerikanischen Ledern

dieser Gattung hat man nun Proben in vollkommener kunstgerechter Behandlung des Garmachens wie der schliesslichen Zurichtung. Sie erscheinen in hohem Grade befriedigend, von schönem, gleichmässigem Narben in einem schön hellen neutralen Ton mit Stich ins Grüne, bei grosser Weichheit sehr aufgegangen. Man darf danach der weiteren Entwicklung dieses Zweiges der Gerberei mit vollem Vertrauen entgegensehen.

ÜBER EINIGE BEZIEHUNGEN
ZWISCHEN
FLUORESCENZ
UND
CHEMISCHER CONSTITUTION.

VON
RICHARD MEYER.

Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und der Constitution chemischer Verbindungen haben seit geraumer Zeit das Interesse der Forscher erregt, welche auf dem Grenzgebiete der beiden experimentellen Naturwissenschaften thätig waren. Der Begründer dieses Zweiges exacter Naturforschung ist Hermann Kopp, welcher schon vor mehr als einem halben Jahrhundert seine allbekanntesten Untersuchungen über die specifischen Volumina organischer Verbindungen begonnen hat. Seine Arbeiten stehen für alle Zeiten als ein Muster da, ebenso wohl durch die grosse Zahl der einzelnen Beobachtungen und die sorgfältige Ausführung derselben, wie durch die Vorsicht der aus ihnen gezogenen Schlüsse. Den verfeinerten Messungsmethoden der neueren Zeit haben sie freilich nicht in allen Punkten standhalten können.

Unter den optischen Eigenschaften der Körper sind in den letzten zwanzig Jahren besonders das Lichtbrechungsvermögen und die Drehung der Polarisationssebene Gegenstand eifriger und erfolgreicher Bearbeitung gewesen. Das umfangreiche Beobachtungsmaterial, welches durch die Untersuchung organischer Verbindungen angehäuft wurde, hat hier zu wichtigen Gesetzmässigkeiten geführt. Sie lassen sich — wenn wir uns der Ausdrucksweise der neueren physikalisch-chemischen Schule bedienen wollen — dahin zusammenfassen, dass diese physikalischen Constanten, ebenso wie die specifischen Volumina, bis zu einem gewissen Grade additiver Natur sind, dass aber zugleich auch constitutive Einflüsse in sehr bemerkbarer und bemerkenswerther Weise auf dieselben einwirken. Beispielsweise sei hier nur auf die Wirkung der Doppelbindung verwiesen.

Eine optische Eigenschaft, welche viel directer in die Augen fällt als Brechung und Rotation, ist die Farbe. Trotzdem ist diese in weit geringerem Grade Gegenstand der Untersuchung gewesen, und Beziehungen zwischen der Farbe chemischer Verbindungen und ihrer Zusammensetzung bzw. Constitution haben sich bis heute nicht entfernt mit derselben Bestimmtheit feststellen lassen, wie bei den beiden anderen Eigenschaften. Die Gründe hierfür sind nicht schwer einzusehen. Der Brechungsindex eines Körpers für Licht von einer gewissen Wellenlänge ist eine ganz bestimmte Zahl; die specifische Rotation

ein Winkel, dessen Grösse sich genau angeben lässt. Lichtbrechung und Drehungsvermögen sind eminent quantitative Eigenschaften der Materie. Die Farbe hat dem gegenüber einen mehr qualitativen Charakter. Sie entsteht durch die auswählende Absorption gegenüber den Lichtwellen verschiedener Länge. Die Stärke dieser Absorption exact zu messen, bietet schon deshalb Schwierigkeiten, weil Lichteindrücke verschiedener Qualität sich in ihrer Intensität nicht genau vergleichen lassen. Zieht man die Wellenlängen des absorbirten Lichtes in Betracht, so ist zu berücksichtigen, dass fast niemals nur *eine* Lichtart von *einer* Wellenlänge absorbirt wird. Bei den Gasen sind es im Allgemeinen eine ganze Reihe scharf getrennter Lichtarten, welche sich durch das Auftreten von Linienspectren bemerkbar machen. Bei festen und flüssigen Körpern haben wir fast immer mehr oder weniger breite, meist unscharf begrenzte Absorptionsstreifen, welche eine Einstellung auf eine bestimmte Wellenlänge sehr erschweren.

Ferner ist die gewöhnliche Beobachtung der Absorption als Farbe doch eine einseitige, insofern nur diejenigen Wellenlängen dabei zur Geltung kommen, welche auf die menschliche Netzhaut wirken, nicht aber die ultrarothern und ultravioletten. Die Farbe ist daher streng genommen keine rein physikalische, sondern eine physiologische Erscheinung. Ein Körper, welcher starke Absorptionsbanden im ultravioletten Theile des Spectrums besitzt, und daher im physikalischen Sinne als gefärbt bezeichnet werden müsste, erscheint unserm Auge als farblos¹⁾. Einem anders eingerichteten Sehorgane könnte er sehr wohl farbig erscheinen. Ausserdem ist zu bedenken, dass es auch in physiologischem Sinne vollkommen farblose Körper streng genommen überhaupt nicht giebt (s. w. u.).

Trotz dieser Schwierigkeiten haben sich doch einige interessante Beziehungen zwischen der Farbe und der Constitution organischer Verbindungen feststellen lassen. Schon 1868 haben C. Graebe und C. Liebermann²⁾ dargelegt, dass die Färbung an eine gewisse dichtere Bindung der Atome geknüpft ist. Wird diese z. B. durch Anlagerung von Wasserstoff aufgehoben, so verschwindet auch die Farbe: die Farbstoffe gehen durch Reduction in Leukokörper über und können durch Oxydation aus diesen wieder zurückgewonnen werden.

Später hat O. N. Witt³⁾ die Aufmerksamkeit besonders auf diejenigen Atomgruppen gelenkt, welche in den complicirten Molecülen der organischen Farbstoffe als die eigentlichen Träger der Färbung anzusehen sind, und dieselben als *Chromophore* bezeichnet.

¹⁾ So ist eine wasserige Phenollosung für unser Auge farblos, zeigt aber noch bei einer Verdünnung von 1 : 12000 deutliche Absorption im Ultravioletten. (W. N. Hartley, Journ. chem. soc. 51, 152 (1887) und zahlreiche Arbeiten desselben Autors.)

²⁾ Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. 1, 106.

³⁾ Ibid 9, 522

R. Nietzki ging dann noch einen Schritt weiter. Während bei den Speculationen von Graebe und Liebermann und von Witt nur die Frage erörtert wurde, ob und unter welchen constitutionellen Bedingungen ein Körper gefärbt ist, wies er, gestützt auf ein damals schon relativ umfassendes Material auf dem Gebiete der Azofarbstoffe, darauf hin, dass die einfachsten Farbstoffe gelb sind, und dass mit steigendem Moleculargewichte die Färbung durch Orange und Roth sich zu Violett und Blau „vertieft“¹⁾.

Um von dieser empirisch gefundenen Regelmässigkeit zu einem wirklichen Naturgesetze zu gelangen, musste das Rüstzeug exacter Forschung, in diesem Falle das Spectroskop, herangezogen werden. Es ist wohl zuerst von J. Landauer auf die vorliegende Frage angewandt worden, welcher 1881 eine Anzahl von Azofarbstoffen mit demselben untersuchte²⁾. Später ist derselbe Weg von H. W. Vogel³⁾, C. Grebe⁴⁾ und mit besonderem Erfolge von M. Schütze⁵⁾ betreten worden. Das Ergebniss dieser Untersuchungen ist, dass die Einführung substituierender Gruppen in den meisten Fällen ein Wandern des Absorptionsstreifens nach dem weniger brechbaren Theile des Spectrums zur Folge hat, während nur eine kleinere Anzahl von Atomgruppen — wie die Nitro- und Amidogruppe — den entgegengesetzten Einfluss ausüben. Schütze bezeichnet die ersteren als *bathochrome*, die letzteren als *hypsochrome Gruppen*.

Der Einfluss der Substitution auf die Absorptionsspectren ist ferner systematisch von G. Krüss untersucht worden⁶⁾; sodann auch von C. Liebermann und St. v. Kostanecki⁷⁾ und von A. Bernthsen und A. Goske⁸⁾. Aus ihren Beobachtungen schien sich der Schluss zu ergeben, dass die Absorption als eine rein additive Eigenschaft der Materie zu betrachten ist. Spätere Arbeiten von Krüss und Anderen, besonders eine neuere ausführliche Untersuchung von E. Vogel⁹⁾ haben dagegen gezeigt, dass sich auch in diesem Falle constitutive Einflüsse geltend machen, insofern nicht nur die Art und Zahl der eintretenden Substituenten, sondern auch deren Stellung im Molecul die Absorption in wesentlicher Weise beeinflusst.

¹⁾ Wohl zuerst ausgesprochen in dem von Nietzki verfassten Artikel „Organische Farbstoffe“ in Ladenburg's Handwörterbuch der Chemie; Sonderabdruck, Breslau 1886, S. 34, aus welchem später des Verfassers „Chemie der organischen Farbstoffe“ hervorging.

²⁾ Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. **14**, 391.

³⁾ Berl. Akad. Ber. **34**, 715, Ber. der deutschen chem. Gesellschaft **21**, Ref. 776a.

⁴⁾ Zeitschr. f. physik. Chem. **10**, 673.

⁵⁾ Ibid. **9**, 109.

⁶⁾ Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. **16**, 2051, **18**, 1426.

⁷⁾ Ibid. **19**, 2327.

⁸⁾ Ibid. **20**, 924.

⁹⁾ Wied. Annalen der Physik **43**, 449.

Eine wichtige Untersuchung führte W. Ostwald¹⁾ an 300 Farbstoffen aus, um festzustellen, ob die Materie im ionisirten Zustande ähnliche Farben- bzw. Absorptionserscheinungen zeigt, wie im nicht ionisirten. Das Ergebniss war ein positives: bei genügender Verdünnung zeigen die Salze ein und derselben Base mit verschiedenen ungefärbten Säuren, und umgekehrt genau dieselben Absorptionsspectren, so dass diese nicht auf die Salze als solche, sondern auf deren Ionen zurückgeführt werden müssen.

Erwähnt werden muss hier noch der oft sehr wesentliche Einfluss des *Losungsmittels* auf die Farbe. Allbekannt ist es ja, dass sich Jod in Alkohol mit brauner, in Schwefelkohlenstoff mit violettrother Farbe löst. Die meisten Azofarbstoffe zeigen in concentrirt schwefelsaurer Lösung eine ganz andere Farbe als in Wasser. Ob dies auf die Bildung lockerer Verbindungen zwischen den Theilchen des Lösungsmittels und des gelösten Körpers, oder auf andere Beeinflussung zurückzuführen ist, möge hier unerörtert bleiben. Für andere weniger auffallende Fälle nimmt man gewöhnlich die sogenannte Kundt'sche Regel an, nach welcher ein Absorptionsstreifen durch den Einfluss des Lösungsmittels um so mehr nach dem rothen Ende des Spectrums verschoben wird, je grösser die Dispersion des Lösungsmittels ist.

Obwohl die an einem überreichen Thatsachenmateriale gesammelten Erfahrungen dem Farbentechniker schon bis zu einem gewissen Grade ein Führer bei der Aufsuchung neuer Farbstoffe geworden sind, so ist die exact wissenschaftliche Ausbeute hinsichtlich der Beziehungen zwischen Absorption und chemischer Constitution eine noch recht bescheidene. Um so bemerkenswerther ist es, dass gerade die gewöhnlich für ungefärbt geltenden Körper bei der Beobachtung in dicken Schichten Absorptionserscheinungen zeigen, welche deutliche Gesetzmässigkeiten erkennen lassen. Es kann hier nur ganz kurz auf die interessanten Untersuchungen W. Spring's²⁾ verwiesen werden, welche ergaben, dass die Alkohole, wie überhaupt die organischen Hydroxylverbindungen, durch Rohren von 4 bis 26 m Länge beobachtet, gleich dem Wasser blau erscheinen; fehlt die Hydroxylgruppe, so ist die Färbung gelb. Die eingehendere Untersuchung liess deutlich erkennen, wie die verschiedenartigen optischen Einflüsse der Kohlenstoffketten einerseits, und der Hydroxylgruppen andererseits sich in den einzelnen Verbindungen gewissermaassen zu einer Resultirenden zusammensetzen.

Von grossem Interesse sind ferner die, gleichfalls der neuesten Zeit angehörenden, und doch schon sehr umfangreichen Beobachtungen P. Drude's³⁾, welche recht greifbare Beziehungen zwischen chemischer

¹⁾ Zeitschr. f. physik. Chem. 9, 579

²⁾ Acad. roy. de Belg. 1896, p. 246; 1897, p. 165.

³⁾ Wied. Annalen d. Phys. 58. 1., Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. 30, 940.

Constitution und der Absorption elektrischer Wellen ergeben haben, derartig, dass sie gewiss bald als erwünschtes Hilfsmittel zur Lösung von Constitutionsproblemen herangezogen werden dürften.

In naher Beziehung zur Absorption steht die *Fluorescenz*. Dies möge das etwas ausführlichere Eingehen auf die Absorptionserscheinungen in den vorstehenden Zeilen rechtfertigen. *Ohne Absorption keine Fluorescenz*. Dieser Satz ist eine Folge des Gesetzes von der Erhaltung der Energie. Denn die Ausstrahlung von Licht unter dem Einflusse der Belichtung ist nur so zu verstehen, dass ein Theil der Lichtstrahlen absorbirt wird, und dass die so aufgenommene Energie, welche meist in Wärme, zuweilen auch in chemische Action umgesetzt wird, bei den fluorescirenden Körpern ganz oder theilweise als Licht, aber unter Abänderung der Wellenlänge, wieder ausgestrahlt wird. Diese heute als selbstverständlich erscheinende Beziehung ist schon 1854 von Stokes in seinen grundlegenden Arbeiten über die Fluorescenz experimentell bewiesen worden.

Die nahen Beziehungen zwischen Absorption und Fluorescenz zeigen sich auch noch in einem anderen Punkte. Bekanntlich ist eine langjährige Discussion über die Gültigkeit der sogenannten Stokes'schen Regel geführt worden, welche aussagt, dass das Fluorescenzlicht stets eine geringere Brechbarkeit besitzt als dasjenige, durch welches die Fluorescenz angeregt wurde. Die Richtigkeit dieser Regel wurde von Lommel bestritten. Schliesslich ist durch Stenger der Nachweis geführt worden, dass sie zwar für viele, sicher aber nicht für alle Körper gilt. Besonders die stark gefärbten Stoffe, also diejenigen, welche eine ausgesprochene auswählende Absorption für die sichtbaren Lichtwellen besitzen, folgen der Stokes'schen Regel nicht. Es ist gewiss kein Zufall, dass diese Körper meist auch die Erscheinung der anomalen Dispersion zeigen.

Nach Beziehungen zwischen der chemischen Zusammensetzung der Körper und ihrer Fähigkeit, zu fluoresciren, ist bis jetzt noch wenig gesucht worden. Auch hier ist ein erster Versuch vor etwa 17 Jahren von C. Liebermann¹⁾ gemacht worden. Er wies darauf hin, dass in der Anthracenreihe Färbung und Fluorescenz sich ausschliessen; so fluorescirt das farblose Anthracen, während das gefärbte Anthrachinon kein Fluorescenzvermögen besitzt. Wenn wir von einzelnen zerstreuten und gelegentlichen Bemerkungen absehen, ist in dem langen, seitdem verstrichenen Zeitraume kaum irgend etwas geschehen, um der Frage näher zu treten. Nur kürzlich ist im Ostwald'schen Laboratorium, im Anschlusse an die oben erwähnten Untersuchungen über die Farbe der Ionen, von E. Buckingham das Problem behandelt worden, ob

¹⁾ Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. 13, 913.

die Ionen auch fluoresciren können¹⁾. Die wohl allbekannte Erscheinung, dass bei Körpern von ausgesprochen saurem, basischem oder salzartigem Charakter die Fluorescenz wässeriger oder alkoholischer Lösungen mit zunehmender Verdünnung steigt, spricht von vornherein hierfür. Die Versuche Buckingham's haben gezeigt, dass dem in der That so ist, obwohl die Fluorescenz — ebenso wie die Farbe — keineswegs als eine ausschliessliche Function der ionisirten Materie gelten kann.

Von grossem Interesse ist die Frage, ob die Fluorescenz, gleich der Farbe, eine allgemeine Eigenschaft der Körper ist. In dieser Hinsicht sind in erster Linie wieder die schonen Versuche von W. Spring²⁾ zu erwähnen, welcher eine grössere Anzahl organischer Verbindungen in seinen langen Rohren auch nach dieser Richtung untersuchte. Er gelangte zu dem Ergebnisse, dass die cyklischen Kohlenwasserstoffe von der Sättigungsstufe des Benzols sämtlich schwache Fluorescenz besitzen; bei terpenartigen, ebenso wie an den Körpern der Fettreihe konnte die Erscheinung dagegen nicht beobachtet werden. „Es scheint daher, dass diese schwache Fluorescenz eine Eigenthümlichkeit des Benzols ist, wie die blaue Farbe eine solche des Wassers; Fluorescenz und Farbe nehmen beide in dem Maasse ab, als die Complication der Benzol- oder Wasserderivate zunimmt, um schliesslich bei gewissen Körpern von äusserster Complicirtheit wieder zu erscheinen.“

Von ausserordentlichem Einflusse auf die Fluorescenz — mehr noch als auf die Farbe — ist das Lösungsmittel. Ein Körper kann in gewissen Lösungsmitteln fluoresciren, in andern nicht; ausserdem wird die Art des Fluorescenzlichtes durch die Farbe beeinflusst. Es scheint, dass in den Fällen, in welchen die Absorption der Kundt'schen Regel folgt, diese auch für das Fluorescenzspectrum gilt. Andererseits hat G. C. Schmidt³⁾ eine Reihe von Körpern, an welchen meist keine Fluorescenz beobachtet wird, in *festen Losungen* untersucht, und gelangte dabei zu dem Ergebnisse, „dass alle festen Körper zu fluoresciren vermögen, falls man sie nur in das geeignete Lösungsmittel einbettet“. Da die festen Körper, falls sie fluoresciren, auch fast stets längere Zeit nachleuchten, so hat Schmidt seine Beobachtungen mit dem Phosphoroskop angestellt. Es ist aber doch wohl zweifelhaft, ob diese Erscheinungen mit der gewöhnlichen Fluorescenz ohne Weiteres in Parallele gestellt werden können; sind ja E. Wiedemann und G. C. Schmidt durch ihre vor wenigen Jahren angestellten Untersuchungen über Luminescenz zu dem Schlusse gelangt, dass Fluorescenz und Phosphorescenz ihrem Wesen nach *nahe verwandte*, aber *nicht identische* Vorgänge sind⁴⁾.

¹⁾ Zeitschr. f. physik. Chem. 14, 129

²⁾ Acad. roy. de Belg. 1897, p. 180.

³⁾ Wied. Annalen der Physik 58, 103; Habil.-Schrift, Erlangen 1896.

⁴⁾ Zeitschr. f. physik. Chem. 18, 551.

Untersuchungen, welche von der Frage nach der näheren Constitution des Fluoresceins ihren Ausgang nahmen und mich seit einer Reihe von Jahren beschäftigt haben, brachten mich vielfach mit fluorescirenden Körpern in Berührung. Die hierbei gesammelten Erfahrungen führten zu einigen allgemeinen Schlussfolgerungen, welche gewisse Beziehungen zwischen Fluorescenz und chemischer Constitution erkennen liessen und dazu aufforderten, ihre Gültigkeit an einem weiteren Beobachtungsmateriale zu prüfen. Ich bin mir wohl bewusst, dass die Thatsachen, welche ich zur Beleuchtung der Frage beibringen kann, bisher sehr lückenhaft sind; vor Allem fehlt noch eine physikalische Bearbeitung derselben. Dennoch erscheint es mir nicht ungeeignet, das theils von mir, theils von Anderen gesammelte Material einmal zusammenzustellen und es unter einem allgemeineren Gesichtspunkte zu betrachten.

Dabei wird es aber von vornherein nöthig sein, sich eine weitgehende Beschränkung aufzuerlegen. Einestheils soll hier nur von solchen Körpern die Rede sein, welche schon bei gewöhnlicher Beobachtung, ohne Anwendung besonderer optischer Hülfsmittel, deutliche Fluorescenz zeigen, ebenso wie die Untersuchungen über Beziehungen zwischen Farbe und chemischer Constitution zunächst nur solche Stoffe in Betracht gezogen haben, welche schon dem Auge ohne Weiteres als gefärbt erscheinen. Auch werden wir uns vorläufig im Allgemeinen auf die Thatsache der Fluorescenz beschränken müssen, ohne auf die Natur des Fluorescenzlichtes schon jetzt näher eingehen zu können.

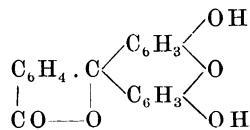
Ferner ist es einstweilen unmöglich, alle fluorescirenden Körper unter gemeinsame Gesichtspunkte zu bringen. Flussspath, Uranglas, Doppelcyanide der Platinmetalle, Chininsalze, Fluorescein sind doch zu heterogener Natur, um sie unmittelbar zu vergleichen. Die nachfolgenden Erörterungen werden sich vielmehr nur auf wenige Gruppen organischer Verbindungen erstrecken, welche einerseits schon eine gewisse Familienähnlichkeit aufweisen, und deren einzelne Glieder andererseits einander genügend nahe stehen, um den Einfluss der Zusammensetzung auf die Fluorescenz erkennen zu lassen.

Endlich soll auch nur die Fluorescenz in flüssiger Lösung erörtert werden; besonders in Rücksicht auf den Umstand, dass das Fluorescenzlicht krystallisirter Körper — im Gegensatze zu demjenigen der Flüssigkeiten — im Allgemeinen polarisirt ist, woraus hervorgeht, dass der Process hier ein wesentlich anderer ist, als bei den flüssigen Lösungen.

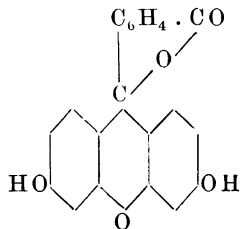
Gruppe des Fluoresceins.

Das Fluorescein ist ein Körper von saurem Charakter. Seine gelb gefärbten Alkalilösungen besitzen eine grüne Fluorescenz, deren Intensität so enorm ist, dass sie schon mehrfach benutzt wurde,

um den unterirdischen Zusammenhang von Flussgebieten nachzuweisen. Seiner chemischen Natur nach gehört der Körper zu den von A. von Baeyer 1874 entdeckten *Phtalemen*, und ist wie diese ein Derivat des Triphenylmethans. Er entsteht durch Condensation von Phtalsäureanhydrid und Resorcin; seine Constitution entspricht der Formel¹⁾:



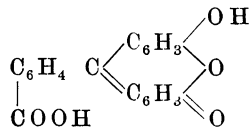
Bezüglich der näheren Strukturverhältnisse war man bis vor etwa 10 Jahren allgemein der Ansicht, dass der Phtalsäurerest den Sauerstoffatomen der beiden Resorcinreste gegenüber die Metastellung einnimmt. Diese Ansicht hat sich aber als irrig erwiesen. Es konnte gezeigt werden, dass das Fluorescein seine Entstehung einer Orthoparacondensation verdankt, und dass ihm die weiter aufgelöste Formel



zugeschrieben werden muss²⁾.

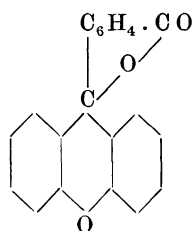
In naher Beziehung zum Fluorescein steht ein Körper, welcher bei der Darstellung des Phenolphtaleins aus Phtalsäureanhydrid und Phenol als Nebenproduct erhalten wird, und welchen A. Baeyer als Phenolphtaleinanhydrid bezeichnet hat. Ich habe für denselben die Formel

¹⁾ Untersuchungen der letzten Zeit haben es wahrscheinlich gemacht, dass dem Fluorescein eine chinoider Constitution, entsprechend der Formel



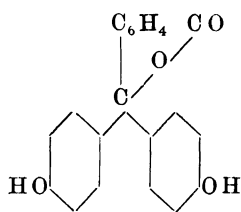
zuzuschreiben ist, und dass sich von dieser die gefärbten Fluoresceinderivate ableiten, die ungefärbten aber von der obigen Lactonformel. Da einerseits diese Frage noch immer nicht als ganz entschieden betrachtet werden kann, dieselbe andererseits nicht in naherer Beziehung zu den Fluorescenzerscheinungen zu stehen scheint, so soll hier im Allgemeinen die bisher übliche Formulierung beibehalten werden

²⁾ R. Meyer u. O. Oppelt, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **21**, 3376, R. Meyer, *ibid.* **24**, 1412; R. Meyer u. H. Hoffmeyer, *ibid.* **25**, 1385, 2118; R. Meyer u. E. Saul, *ibid.* 3587; R. Meyer, *ibid.* **26**, 204; C. Graebe, *ibid.* **28**, 28; L. Matras, Chem.-Ztg. **19**, 408; G. Heller, Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch **28**, 312; R. u. H. Meyer, *ibid.* **28**, 1576; **29**, 2623.

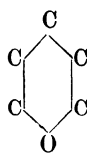


bewiesen und ihn — da er hiernach als Muttersubstanz der Fluorescein-Gruppe erscheint — mit dem Namen *Fluoran* belegt. Seiner Zusammensetzung entsprechend ist das Fluoran ein indifferentes Körper, der sich in Alkalilaugen nicht auflöst. Dagegen giebt es mit concentrirter Schwefelsäure eine gelbe Lösung, welche eine der alkalischen Fluoresceinlösung ähnliche, aber schwächere grüne Fluoreszenz zeigt. Fluorescein löst sich in concentrirter Schwefelsäure mit ganz ähnlichen Erscheinungen.

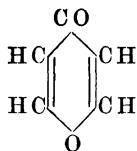
Das Fluorescein nimmt unter den Phtaleinen eine besondere Stellung ein: das ihm sonst nahestehende *Phenolphtalein*:



löst sich in Alkali mit carmoisinrother Farbe ohne jede Spur von Fluoreszenz. Vergleicht man seine Formel mit derjenigen der beiden fluorescirenden Verbindungen, so erkennt man sofort einen auffälligen Unterschied. Die Molecüle des Fluorans und des Fluoresceins enthalten einen aus fünf Kohlenstoff- und einem Sauerstoffatom bestehenden sechsgliedrigen Ring, welcher dem Phenolphtalein fehlt. Dieses Gebilde



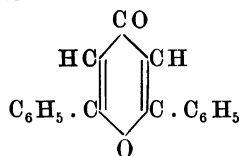
muss deshalb in den ersten beiden Körpern der *Träger der Fluoreszenz* sein. Dasselbe existirt aber auch für sich in der als *Pyron* (oder *Pyrokoman*) bekannten Verbindung



sowie in einigen Derivaten derselben. Es ist deshalb auch als *Pyronring* bezeichnet worden.

Am Pyron ist indessen keine Fluoreszenz beobachtet worden. Sie scheint in seinem Molecüle gewissermaassen latent zu ruhen und erst

durch die Verknüpfung mit zwei Benzolkernen, wie sie im Fluoran und Fluorescein vorhanden ist, hervorgerufen zu werden. So zeigt denn auch das *Diphenylpyron*

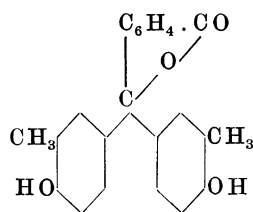


in concentrirter Schwefelsäure intensiv violette Fluorescenz¹⁾. Aehnlich verhält es sich mit den die Farbe bedingenden Atomgruppen. Diese ist z. B. bei den Azokörpern an die chromophore Azogruppe —N=N—

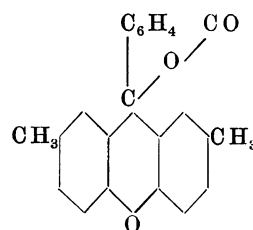
geknüpft. Aber das Azoimid, $\text{NH} \begin{array}{l} \diagup \text{N} \\ \parallel \\ \diagdown \text{N} \end{array}$, und selbst das Diazobenzol,

$\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{N}=\text{N} \cdot \text{OH}$, ist farblos, und erst durch die zweiseitige Verknüpfung mit dem Benzolkerne entsteht das tief rothgelbe Azobenzol, $\text{C}_6\text{H}_5 \cdot \text{N}=\text{N} \cdot \text{C}_6\text{H}_5$.

Die Ansicht, dass die auffallenden physikalischen Eigenschaften des Fluorans und Fluoresceins auf die Anwesenheit des Pyronringes zurückzuführen sind, fand eine Stütze in älteren Beobachtungen Baeyer's. Er hatte festgestellt, dass unter den Homologen des Phenols das *o-Kresol* ein wahres Phtalein bildet, *p-Kresol* dagegen, in welchem die p-Stellung gegenüber der Hydroxylgruppe besetzt ist, ein Anhydrid²⁾. Den beiden Körpern können nur die folgenden Formeln ertheilt werden:



o-Kresolphtalein

p-Kresolphtaleinanhydrid,
p-Kresofluoran.

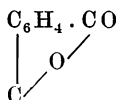
Dem entsprechend löst sich das o-Kresolphtalein in Alkali mit violetter Farbe und ohne Fluorescenz; das Product aus p-Kresol dagegen ist alkaliunlöslich, und löst sich in concentrirter Schwefelsäure, als wahres Homologes des Fluorans, mit starker grüngelber Fluorescenz.

Das α -Naphthol, in welchem, wie im Phenol, die Parastellung gegenüber dem OH unbesetzt ist, bildet ein Phtalein und ein Fluoran³⁾

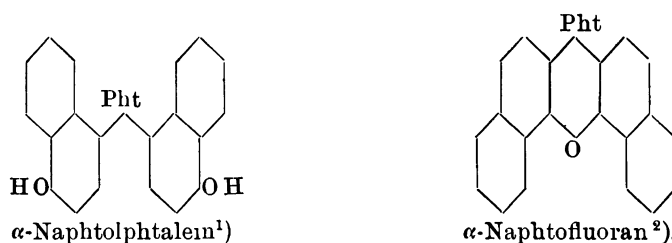
¹⁾ Fr Feist, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **23**, 3734.

²⁾ Liebig's Annalen der Chemie **202**, 153; **212**, 340.

³⁾ Das Zeichen Pht soll in diesen und den folgenden Formeln den Phtalsaurerest

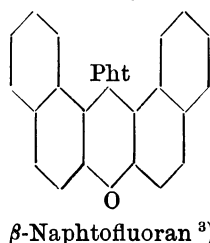


bezeichnen.



Ersteres verhält sich durchaus wie ein Phtalein. Das α -Naphthofluoran löst sich in Schwefelsäure mit rothgelber Farbe und lässt in dieser Lösung zunächst keine Fluorescenz erkennen. Bei genauerer Beobachtung findet man aber, dass sie doch vorhanden ist. Am besten zeigt sie sich, wenn man mittelst einer Linse — eine gewöhnliche Lupe genügt vollkommen — directes Sonnenlicht darauf concentrirt. Man bemerkt dann, wenn der Brennpunkt hinter die Gefässwand fällt, auf dieser an der Eintrittsstelle des Lichtes einen gelben Kreis, und, von diesem ausgehend, einen ebenso gefärbten Strahlenkegel, welcher die Flüssigkeit durchsetzt. Offenbar entgeht die gar nicht so schwache Fluorescenz der gewöhnlichen Beobachtung nur deshalb, weil die Farbe des Fluorescenzlichtes sich nicht genügend von derjenigen der Flüssigkeit unterscheidet.

Das β -Naphthol, dessen Parastellung wie im p-Kresol besetzt ist, giebt kein Phtalein, wohl aber ein typisches Fluoran:



Dasselbe löst sich in concentrirter Schwefelsäure mit feurig rothgelber Fluorescenz.

Einfluss der Substitution.

Wird in den Körpern der Fluoran- bzw. Fluoresceingruppe Wasserstoff durch schwerere Atome oder Atomcomplexe ersetzt, so wird die Fluorescenz, soweit meine Erfahrungen reichen, erheblich geschwächt. Dies scheint freilich bei flüchtiger Betrachtung gerade für das Fluorescein selbst nicht zuzutreffen. Seine Fluorescenz wird im Allgemeinen in alkalischer Lösung beobachtet und übertrifft dann diejenige des Fluorans in sehr hohem Maasse. Fluoran ist in Alkali unlöslich; in concentrirter Schwefelsäure zeigt es eine mässige gelbgrüne

¹⁾ J. Grabowski, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 4, 725.

²⁾ Derselbe, ibid. 661; R. Meyer, ibid. 26. 207.

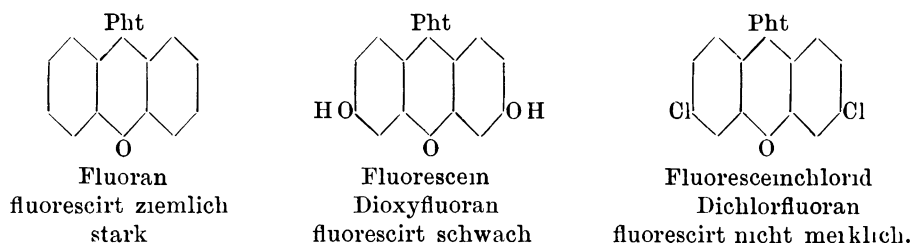
³⁾ R. Meyer, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 24, 1414, 2600; 26, 206. Neben der oben gegebenen sind für das β -Naphthofluoran noch zwei andere Strukturformeln denkbar, aber wenig wahrscheinlich.

Fluorescenz. Offenbar sind aber die alkalische Fluorescein- und die schwefelsaure Fluoranlösung nicht vergleichbar. In der That gestaltet sich das Verhältniss ganz anders, wenn man die beiden Körper unter denselben Umständen, nämlich beide in concentrirt schwefelsaurer Lösung beobachtet. Fluorescein löst sich darin mit dunkelgelber Farbe und grüner Fluorescenz; die Farbe ist dunkler, die Fluorescenz aber viel schwächer als die der schwefelsauren Fluoranlösung.

Gegen Alkohol zeigen beide Körper ein eigenthümliches Verhalten. Fluoran löst sich darin farblos und ohne eine erkennbare Spur von Fluorescenz. Die alkoholische Fluoresceinlösung dagegen ist gelb gefärbt; sie besitzt eine schwache, aber deutliche grüne Fluorescenz, welche sowohl durch Zusatz von Säure als von Alkali verstärkt wird. Die Ursache dieser, von den sonstigen Erfahrungen abweichenden Erscheinungen muss vorläufig dahingestellt bleiben.

Werden mittelst Phosphorpentachlorid die Hydroxyle des Fluoresceins durch Chlor ersetzt, so entsteht das sogenannte *Fluoresceinchlorid*, welches nichts Anderes ist als ein *Dichlorfluoran*. Es löst sich in concentrirter Schwefelsäure mit gelber Farbe, merklich ohne Fluorescenz¹⁾.

Die folgende Zusammenstellung wird die Beziehung zwischen Fluorescenz (in concentrirter Schwefelsäure) und chemischer Zusammensetzung bei diesen einfachsten Gliedern der Fluorangruppe noch deutlicher hervortreten lassen:



Da $\text{Cl} > \text{OH} > \text{H}$, so ergibt sich aus diesen Erfahrungen der Schluss, dass mit zunehmendem Gewichte der in die Benzolkerne eingefügten Atomgruppen die Fluorescenz abnimmt. Hiermit in Uebereinstimmung konnte ich constatiren, dass die *substituirt* *Fluoresceine* — soweit sie mir zugänglich sind — in concentrirter Schwefelsäure sich sämtlich *ohne bemerkbare Fluorescenz* lösen. Es wurden in dieser Hinsicht die folgenden Körper geprüft, denen ich die Farbe ihrer Schwefelsäurelösung beifüge²⁾:

¹⁾ Auch Di- und Tribromfluoran lösen sich in Schwefelsäure mit gelber Farbe und ohne Fluorescenz.

²⁾ Die Mehrzahl der hier und im Folgenden angeführten Körper erhielt ich, grosstentheils in schon krystallisirter Form, durch die Freundlichkeit der *Badischen Anilin- und Sodafabrik* in Ludwigshafen a. Rh., bezw. der Firma *L. Cassella u. Co.* in Frankfurt a. M.

Tetranitrofluorescein	$C_{20}H_8(NO_2)_4O_5$	hellgelb
Dibromfluorescein	$C_{20}H_{10}Br_2O_5$	desgl.
Tetrabromfluorescein	$C_{20}H_8Br_4O_5$	dunkelgelb
(Eosin)		
Dibromdinitrofluorescein	$C_{20}H_8Br_2(NO_2)_2O_5$	rothgelb
Tetraiodfluorescein	$C_{20}H_8I_4O_5$	desgl.
{Dichlortetrabromfluorescein	$C_{20}H_6Cl_2Br_4O_5$	} desgl.
{Tetrachlortetrabromfluorescein	$C_{20}H_4Cl_4Br_4O_5$	
(Phloxin)		
{Dichlortetraiodfluorescein	$C_{20}H_6Cl_2I_4O_5$	} desgl.
{Tetrachlortetraiodfluorescein	$C_{20}H_4Cl_4I_4O_5$	
(Rose bengale)		

Untersucht man die Alkalisalze dieser Körper in sehr verdünnter wässriger und alkoholischer Lösung, so ergibt sich Folgendes:

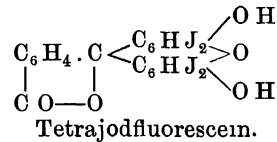
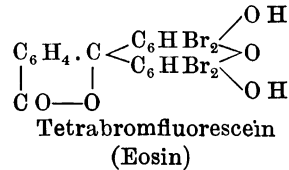
	Farbe der Lösung	Fluorescenz	
		in Wasser	in Alkohol
Fluorescein	gelb	sehr stark	sehr stark
Tetranitrofluorescein	gelb	nicht bemerkbar	wird gefällt
Dibromfluorescein	hellgelbroth	schwach	ziemlich stark
Tetrabromfluorescein	hellgelbroth	schwach	ziemlich stark
(Eosin)			
Dibromdinitrofluorescein	roth	sehr schwach	schwach
Tetraiodfluorescein	roth	kaum bemerkbar	schwach
{Dichlortetrabromfluorescein	roth	schwach	ziemlich stark
{Tetrachlortetrabromfluorescein			
(Phloxin)			
{Dichlortetraiodfluorescein	bläulich roth	nicht bemerkbar	sehr schwach
{Tetrachlortetraiodfluorescein			
(Rose bengale)			

Die in obiger Tabelle gemachten Angaben können selbstverständlich nur als sehr annähernd vergleichsweise Schätzungen gelten. Dies um so mehr, als die Farbe der Fluorescenz bei den einzelnen Körpern zum Theil erheblich abweicht; sie ist z. B. bei Eosin und Phloxin feurig rothgelb, gegenüber dem Grün der Fluoresceinlösungen. Im Allgemeinen ist auch hier zu erkennen, dass die Fluorescenz mit der Zahl und Masse der substituirten Gruppen abnimmt: kein einziges der Substitutionsproducte erreicht das Fluorescein auch nur annähernd an Intensität des ausgesandten Fluorescenzlichtes.

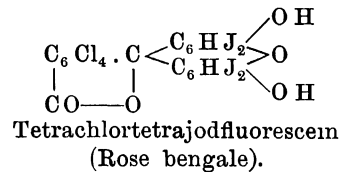
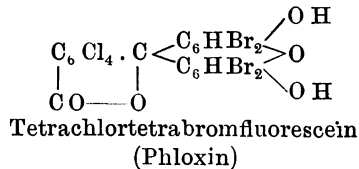
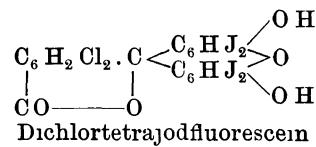
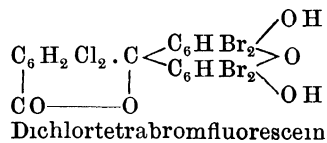
Ferner aber ergibt sich, dass die Substituenten keineswegs proportional ihrer Masse wirken, vielmehr kommt offenbar daneben ihre chemische Natur, und wahrscheinlich auch ihre Stellung im Molecüle in Betracht. Zwar fluorescirt Tetraiodfluorescein erheblich schwächer als die an Masse geringere Tetrabromverbindung (Eosin); aber auch das Dibromdinitrofluorescein, dessen Substituenten geringere Masse besitzen, als diejenigen des Eosins, zeigt gegenüber dem Eosin eine verminderte Fluorescenz; und im Tetranitrofluorescein ist die Fluorescenz ganz vernichtet, trotzdem das Gewicht der Nitrogruppe nicht viel mehr als die Hälfte von demjenigen des Bromatoms beträgt ($NO_2 = 46$;

Br = 80). Der Nitrogruppe wohnt also eine ganz besonders stark fluoreszenzwidrige Wirkung inne.

Bemerkenswerth ist ferner, dass die Fluorescenz des gechlorten Tetrabromfluoresceins (Phloxin) derjenigen des Eosins ungefähr gleich kommt; auch zwischen Tetrajodfluorescein und seinen Chlorderivaten (Rose bengale) ist nur ein mässiger Unterschied. Die beiden nicht chlorirten Farbstoffe enthalten die Halogenatome in den Resorcinresten des Fluoresceins:

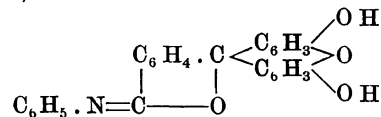


Phloxin und Rose bengale unterscheiden sich von den vorigen dadurch, dass noch zwei bezw. vier Chloratome in den Phtalsäurerest eingetreten sind:



Demnach bewirken die Halogene eine viel geringere Schwächung der Fluorescenz, wenn sie sich im Phtalsäurereste befinden, als wenn sie in die Resorcinreste eintreten.

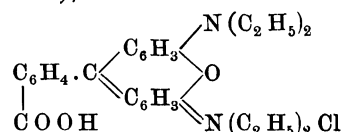
Die im Vorstehenden besprochenen Substitutionen betreffen ausschliesslich die Benzolkerne des Fluoresceinmolecils. Werden die Wasserstoffatome der Hydroxylgruppen durch Alkoholradicale ersetzt, so entstehen die Aether des Fluoresceins. Diese Körper, deren Halogen-derivate zum Theil als spritlösliche Eosine von technischer Bedeutung sind, waren in letzter Zeit, in Rücksicht auf die oben gestreifte Frage der Lacton- oder Chinonformel des Fluoresceins, Gegenstand der Untersuchung. Nach den über diese Verbindungen gemachten Angaben fluoresciren sie sämmtlich, und zwar sowohl die gefärbten als die farblosen, je nach ihrer chemischen Natur in alkalischer Lösung oder in concentrirter Schwefelsäure. — Wird ein Sauerstoffatom des Phtalsäurerestes durch aromatische Aminreste ersetzt, so entstehen die *Anilide* und *Hydrazide*, z. B.:



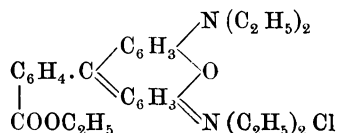
Dieses *Fluoresceinanilid* löst sich in Alkali farblos und mit grüner Fluorescenz.

Ein näheres Eingehen auf die Aether, Anilide und ähnliche Derivate erscheint hier nicht geboten, und möge ein Hinweis auf die Literatur genügen¹⁾. Ein besonderer Fall soll weiter unten noch kurz erwähnt werden.

Eine andere Art Substitution besteht in dem Eintritt basischer Gruppen in das Fluoran. Diese führt zu den technisch wichtigen Farbstoffen der *Rhodamingruppe*²⁾. Dieselben können als Fluorescein betrachtet werden, dessen Hydroxylgruppen durch Aminreste ersetzt sind; ihre weit intensivere Färbung, sowie besonders ihr Verhalten bei der Alkylierung lässt aber schliessen, dass die Rhodamine stets in der chinoiden Form auftreten³⁾, z. B.:



Die Rhodamine sind sehr kräftige, bläulichrothe Farbstoffe, deren Lösungen durchweg eine feurigrothgelbe Fluorescenz besitzen. Dieselbe ist auch den als *Anisoline* bezeichneten Rhodaminestern



eigen. Es ist zu betonen, dass in allen diesen Körpern die basischen Gruppen dieselbe Stellung einnehmen, wie die Hydroxylgruppen des Fluoresceins.

Einfluss der Isomerie.

Wie das Resorcin oder 1,3-Dioxybenzol, so condensiren sich auch dessen Isomere, das 1,2-Dioxybenzol — Brenzcatechin — und das 1,4-Dioxybenzol — Hydrochinon — mit Phtalsäureanhydrid. Aber die Phtaleine dieser Körper unterscheiden sich in sehr bemerkenswerther Weise von dem Fluorescein: Brenzcatechinphtalein löst sich in Alkali mit blauer, Hydrochinonphtalein mit violetter Farbe, beide ohne Fluorescenz.

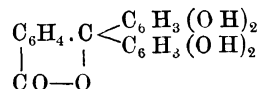
Die Zusammensetzung des *Brenzcatechinphtaleins* konnte nicht sicher ermittelt werden, da es sich nicht im krystallinischen Zustande

¹⁾ O. Fischer und E. Hepp, Berichte der deutsch chem. Gesellsch. 26, 2236; 27, 2791. R. Nietzki und P. Schroter, ibid. 28, 44. R. Meyer und E. Saul, ibid. 26, 1271.

²⁾ Bad. Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen a. Rh., D. R. P. 44002 v. 13. Nov. 1887, nebst zahlreichen Zusatzpatenten; Farbwerke, vorm. Meister, Lucius u. Bruning in Höchst a. M., D. R.-P. 48367 v. 3. Juli 1888 und Zusatzpatente. Der Entdecker der Rhodamine ist M. Ceresole.

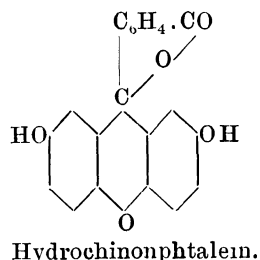
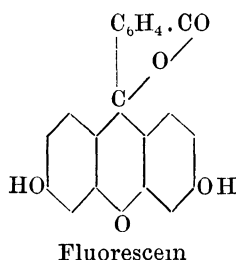
³⁾ A. Bernthsen, Chem.-Ztg. 16, 1956.

erhalten liess. Auf Grund seines Verhaltens gegen *m*-Nitrobenzoylchlorid in alkalischer Lösung haben ihm Baeyer und Kochendoerfer¹⁾ die Formel



ertheilt, wonach es nicht mit dem Fluorescein isomer wäre, sondern mit dessen Hydrat. Ob dieser Schluss vollkommen bindend ist, mag dahingestellt bleiben; jedenfalls wird es zweckmässig sein, das Brenzcatechinphtalein aus der folgenden Betrachtung auszuscheiden.

Das *Hydrochinonphtalein* hat aber bestimmt die Zusammensetzung des Fluoresceins. Auch haben Untersuchungen, welche im hiesigen Laboratorium angestellt wurden²⁾, gezeigt, dass es einen Anhydridring von grosser Beständigkeit enthält. Hiernach kann seine Constitution kaum anders aufgefasst werden, als entsprechend derjenigen des Fluoresceins:



Es ist dann gleichfalls ein Dioxyfluoran, welches denselben Pyronring enthält, wie das Fluorescein, und sich von diesem nur durch die Stellung der Hydroxylgruppen unterscheidet. Diese letztere muss die sehr abweichenden Eigenschaften beider Körper, insbesondere das verschiedene optische Verhalten ihrer alkalischen Lösungen erklären.

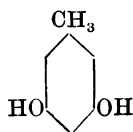
Man könnte dem gegenüber vielleicht geltend machen, dass bei der Auflösung des Hydrochinonphtaleins in Alkali doch der Pyronring gesprengt wird, und dass demnach nicht das Phtalein als solches, sondern sein Hydrat in Lösung geht. Aber einmal spricht hiergegen das Verhalten bei der Benzoylirung in alkalischer Lösung³⁾, sodann zeigen die weiter mitzutheilenden Erfahrungen, dass die Stellung der Hydroxylgruppen auch in anderen Fällen einen derartigen Einfluss sehr wohl geltend machen kann. — Ferner löst sich Hydrochinonphtalein auch in concentrirter Schwefelsäure ohne Fluorescenz; eine Sprengung des Pyronringes ist hierbei aber wohl sicher ausgeschlossen.

Wie Brenzcatechin und Hydrochinon, so zeigt auch das dem Resorcin direct homologe *Orcin*

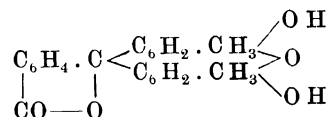
¹⁾ Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 22 (1890), 2196.

²⁾ R. und H. Meyer, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 28 (1895), 2959.

³⁾ R. und H. Meyer, l. c.



ein abweichendes Verhalten gegen Phtalsäureanhydrid. Die Reaction wurde zuerst im Jahre 1874 von Emil Fischer im Baeyer'schen Laboratorium studirt¹⁾. Das dabei erhaltene Orcinphtalein ist seiner Zusammensetzung nach ein wahres Homologes des Fluoresceins:



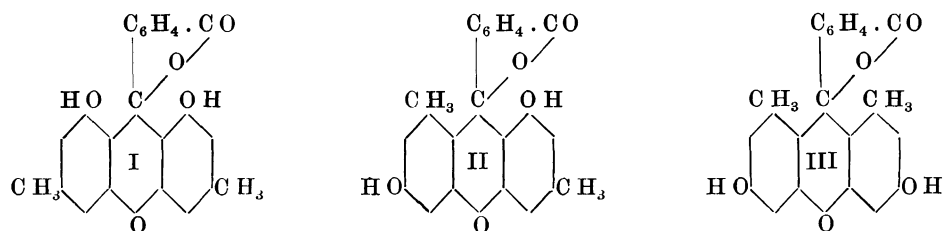
Aber seine Alkalilösung ist violettroth und fluorescirt nicht. Das Orcinphtalein steht hiernach dem Phenolphtalein näher, als dem Fluorescein. Diese Thatsache hatte seiner Zeit zur Aufstellung der oben erwähnten Hypothese geführt, dass bei der Fluoresceinbildung der Phtalsäurerest in die (beim Orcin durch die Methylgruppe besetzte) Metastellung zu den Sauerstoffatomen der Resorcinmolecüle tritt. Nach Widerlegung dieser Ansicht erschien es wichtig, das Orcinphtalein einer erneuten Untersuchung zu unterwerfen, um wo möglich die Ursache seines abweichenden Verhaltens zu ermitteln. Bei der Ausführung der in dieser Absicht unternommenen Versuche²⁾ ergab sich die überraschende Thatsache, dass die Condensation der Phtalsäure mit Orcin nicht zu einem, sondern zu drei verschiedenen Phtaleinen führt. Eins derselben — als α -Orcinphtalein unterschieden — zeigt im Wesentlichen die schon von E. Fischer angegebenen Eigenschaften; insbesondere löst es sich in Alkali mit carminrother Farbe und ohne Fluorescenz. Das zweite — β -Orcinphtalein — giebt eine kirschrothe, gleichfalls nicht fluorescirende Lösung; die Alkalilösung des dritten Körpers — γ -Orcinphtalein — ist gelbbraun gefärbt und zeigt die grüne Fluorescenz der alkalischen Fluoresceinlösungen, aber in abgeschwächtem Grade.

Die drei Körper sind isomer und besitzen die Zusammensetzung des Orcinphtaleins. Die α - und β -Verbindung zeigen bei der Benzoylirung in alkalischer Lösung dasselbe Verhalten wie Hydrochinonphtalein, was für die Anwesenheit des Pyronringes in ihrem Molecüle spricht. Dieselbe Folgerung ergibt sich für den γ -Körper aus seiner Aehnlichkeit mit dem Fluorescein.

Hiernach kann es kaum einem Zweifel unterliegen, dass bei der Vereinigung von Phtalsäure mit Orcin die drei structurell möglichen Orcinphtaleine gebildet werden:

¹⁾ Liebig's Annalen der Chemie 183, 63.

²⁾ R. und H. Meyer, Berichte der deutsch chem. Gesellsch. 29, 2627 (1896).



Welche der drei Formeln dem α - und welche dem β -Orcinphthalein zukommt, ist bisher nicht zu entscheiden; das γ -Orcinphthalein, welches ein wahres *Homofluorescein* ist, entspricht aber unzweifelhaft der Formel III. Die Fluoresceinnatur dieser Verbindung zeigt sich auch darin, dass sie mit Brom ein *Homoeosin* liefert, welches Seide ganz ähnlich wie Eosin färbt, ebenfalls aber etwas schwächer als dieses. α - und β -Orcinphthalein geben zwar gleichfalls Tetrabromsubstitute, dieselben haben aber durchaus kein Färbevermögen.

Hier zeigt sich also derselbe Einfluss der Isomerie, wie bei den Phthaleinen der Dioxybenzole: Die Fluoreszenz ist an die dem Fluorescein entsprechende Stellung der Hydroxylgruppen gebunden. Dass der Körper II nicht einmal geringe Fluoreszenz besitzt, ist besonders bemerkenswerth, da doch wenigstens eine seiner Hydroxylgruppen die *Fluoresceinstellung* einnimmt. Wir werden in der weiter unten zu besprechenden Xanthongruppe einem analogen Falle begegnen.

Die im Vergleich mit Fluorescein verringerte Fluoreszenz des γ -Orcinphthaleins weist auf eine abschwächende Wirkung der Methylgruppen. Man könnte geneigt sein, diese auf die Vergrößerung der molecularen Masse zurückzuführen, aber letztere ist zur Erklärung der Erscheinung wohl kaum ausreichend. Das Moleculargewicht des Fluoresceins ist 312, das des Orcinphthaleins 340; die Abschwächung der Fluoreszenz bei dem letzteren erscheint aber auch ohne Messung bedeutend grösser. Sie muss daher als eine spezifische Wirkung der Methylgruppen in derjenigen Stellung, welche sie im Molecüle des γ -Orcinphthaleins einnehmen, betrachtet werden.

Ausser dem Orcin ist auch eine Anzahl sonstiger Homologen des Resorcins von verschiedenen Forschern auf ihre Fähigkeit zur Bildung von Fluoresceinen geprüft worden. Da mir dieselben nicht zugänglich waren, so konnten sie bezüglich der Stärke ihrer Fluoreszenz mit dem Fluorescein und γ -Orcinphthalein nicht verglichen werden. Es wird aber nicht ohne Interesse sein, die über die Frage vorliegenden Angaben hier kurz zusammenzustellen.

Kresorcins, Dioxytoluol, $\text{C H}_3 : \text{O H} : \text{O H} = 1 : 2 : 4$, giebt beim Zusammenschmelzen mit Phtalsäureanhydrid die dem Fluorescein durchaus gleichende Verbindung $\text{C}_{22} \text{H}_{16} \text{O}_5$, welche durch Brom in ein Eosin übergeführt wird ¹⁾.

¹⁾ E. Knecht, Liebig's Annalen der Chemie 215, 83.

Orcin, *Dioxytoluol*, $\text{CH}_3:\text{OH}:\text{OH} = 1:3:5$, liefert mit Phtalsäureanhydrid unter Mitwirkung eines Condensationsmittels die drei im Vorstehenden besprochenen isomeren Phtaleine, darunter das wahre Orcinfluorescein.

Dioxytoluol, $\text{CH}_3:\text{OH}:\text{OH} = 1:2:6$, giebt die Fluoresceinreaction; die entstehende Verbindung wurde nicht isolirt¹⁾.

Dioxy-m-xylol, $\text{CH}_3:\text{CH}_3:\text{OH}:\text{OH} = 1:3:2:4$, desgleichen²⁾.

β -*Orcin*, *Dioxy-p-xylol*, $\text{CH}_3:\text{CH}_3:\text{OH}:\text{OH} = 1:4:2:6$, giebt beim Zusammenschmelzen mit Phtalsäure kein Fluorescein; in Gegenwart von Schwefelsäure eine dem α -Orcinphtalein ähnliche Verbindung, welche aber nicht analysirt wurde³⁾.

Dioxy-m-xylol, *m-Xylorcin*, $\text{CH}_3:\text{CH}_3:\text{OH}:\text{OH} = 1:3:4:6$ ⁴⁾, verhält sich wie Mesorcin (s. unten).

Dioxy-o-xylol, vermuthlich $\text{CH}_3:\text{CH}_3:\text{OH}:\text{OH} = 1:2:3:5$, giebt mit Phtalsäureanhydrid allein Fluoresceinschmelze⁵⁾.

Mesorcin, *Dioxymesitylen*, $\text{CH}_3:\text{CH}_3:\text{CH}_3:\text{OH}:\text{OH} = 1:3:5:2:4$, verharzt mit Phtalsäureanhydrid allein; bei Anwesenheit von Schwefelsäure entsteht ein fluorescirendes Condensationsproduct, welches aber auch ohne Mitwirkung der Phtalsäure gebildet wird⁶⁾.

Diisoamylresorcin giebt kein Fluorescein⁷⁾.

An denjenigen *m*-Dioxybenzolen, welche eine freie *o*-Stellung gegenüber der einen und eine freie *p*-Stellung gegenüber der zweiten Hydroxylgruppe besitzen, ist also wenigstens die Fluoresceinreaction beobachtet worden — mit Ausnahme des β -Orcins. Das Verhalten dieses Körpers erscheint um so auffallender, als seine Constitution gerade die Bildung eines Fluoresceins ohne das Auftreten von Isomeren erwarten lässt, doch ist die Sache nicht genügend untersucht, um bestimmte Schlüsse daraus zu ziehen.

Im Anschluss an die durch die Isomerie verursachten Erscheinungen sei hier noch eine sehr merkwürdige Thatsache erwähnt. Im Verlaufe ihrer oben citirten Untersuchungen haben O. Fischer und E. Hepp das *Fluoresceinanilid* und dessen Aether dargestellt.

Während nun das Anilid, wie schon oben angeführt, sich in Alkali farblos, aber mit grüner Fluorescenz löst, fluorescirt der Monomethyläther des Anilids zwar in concentrirter Schwefelsäure, nicht aber in Alkali⁸⁾:

¹⁾ C. Ullmann, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 17, 1964.

²⁾ R. Wischin, ibid. 23, 3114.

³⁾ E. Knecht, ibid. 15, 1070.

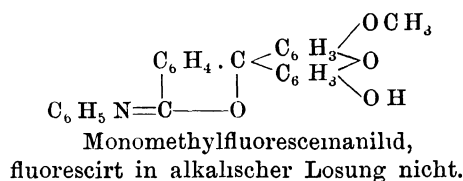
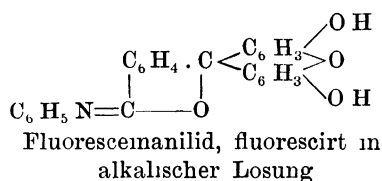
⁴⁾ F. Pfaff, ibid. 16, 1351.

⁵⁾ E. Pfannenstill, Journ. prakt. Chem. (2) 46, 156.

⁶⁾ E. Knecht, Liebig's Annalen der Chemie 215, 101.

⁷⁾ W. Königs und C. Mai, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 25, 2653.

⁸⁾ Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 28, 396.



„Es ist also nur *eine* Hydroxylgruppe, welche dem Fluoresceinanilid die Fähigkeit zu fluoresciren¹⁾ verleiht, und zwar diejenige, welche auch in den chinoiden Abkömmlingen als Phenolhydroxyl vorhanden ist. Wird diese Gruppe alkylirt, so hört die Fluorescenz auf¹⁾.“ Diese Erscheinung erinnert in gewissem Sinne an die bei den isomeren Orcinphtaleinen gemachte Erfahrung: nur die γ -Verbindung, welche *beide* Hydroxyle in der Fluoresceinstellung enthält, fluorescirt.

Einfluss des Lösungsmittels.

Dass die Fluorescenzerscheinungen in hohem Grade durch die Natur des Lösungsmittels beeinflusst werden, ist in den vorstehenden Darlegungen mehrfach betont worden.

Zunächst erfährt die Fluorescenz wohl immer mit zunehmender Verdünnung eine bedeutende Steigerung, ja sie kann meist überhaupt nur in stark verdünnten Lösungen beobachtet werden. In vielen Fällen mag dies mit der durch die Verdünnung herbeigeführten Ionisirung zusammenhängen. Eine Rolle spielt dabei, aber wohl ohne Zweifel auch der Umstand, dass viele fluorescirende Lösungen mehr oder weniger gefärbt sind, und dass dann in concentrirter Lösung die Fluorescenz durch die Färbung verdeckt wird.

Ferner fluorescirt derselbe Körper wohl durchgängig in Alkohol stärker als in Wasser; da aber ersterer das schwächer ionisirende Vehikel ist, so spricht diese Erfahrung nicht für die Annahme, dass die Fluorescenz durch die Ionisirung begünstigt wird.

In gewissen Fällen ist aber die Ionisirung überhaupt ausgeschlossen. So z. B. bei dem neutralen *Fluoran*, der Muttersubstanz der ganzen Gruppe. Dasselbe bildet, aus Alkohol krystallisirt, ziemlich grosse und dicke, farblose Nadeln vom Schmelzpunkt 180°. In Wasser ist es unlöslich; in Alkohol löst es sich farblos und ohne Fluorescenz; dagegen besitzt die Lösung in concentrirter Schwefelsäure gelbe Farbe und grüne Fluorescenz. Auch in dieser Lösung nimmt die Fluorescenz beim Verdünnen mit Schwefelsäure an Intensität zu.

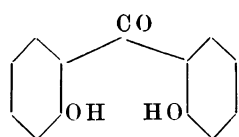
Die schwefelsaure Lösung des Fluorans wird durch Wasser gefällt. Es schien mir nicht überflüssig, festzustellen, dass die Fällung unverändertes Fluoran sei, dass man es also bei der Lösung in Schwefelsäure mit einem rein physikalischen Vorgange zu thun hat. Der Versuch hat diese Erwartung bestätigt: die durch Lösung in Schwefel-

¹⁾ NB. in alkalischer Lösung

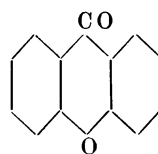
säure und Wiederausfällung mit Wasser zurückgewonnene Substanz erwies sich — abgesehen von einer geringen gelblichen Färbung — als unverändertes Fluoran. Dasselbe konnte durch seine Eigenschaften, besonders durch den Schmelzpunkt 180° , leicht identificirt werden. — Uebrigens wurde das analoge Verhalten an dem dem Fluoran ähnlichen Xanthon gleichfalls constatirt (s. unten).

Gruppe des Xanthons.

In naher Beziehung zu der Fluorescingruppe steht das *Xanthon*¹⁾. Dasselbe ist ein Anhydrid des o-Dioxybenzophenons:



o-Dioxybenzophenon



Xanthon.

Ersteres löst sich in Alkali mit hellgelber, in concentrirter Schwefelsäure mit dunkelgelber Farbe; beide Lösungen fluoresciren nicht. — Das Xanthon ist ein indifferenten Körper; in Wasser, verdünnten Säuren und Alkalien löst es sich nicht. Alkohol und andere organische Lösungsmittel nehmen es auf, ohne Farbe und ohne Fluorescenz. Dagegen löst sich Xanthon in concentrirter Schwefelsäure; die Lösung ist hellgelb gefärbt und zeigt eine zarte blaue Fluorescenz, ähnlich gewissen Petroleumsorten.

Auch die Lösung des Xanthons in Schwefelsäure ist ein rein physikalischer Vorgang. Es fällt, ebenso wie Fluoran, durch Zusatz von Wasser unverändert wieder aus. In diesem Falle wurde die Identität nicht nur durch den Schmelzpunkt (172 bis 174°), sondern auch noch durch eine Verbrennung bestätigt (berechnet C: 79,6, H: 4,1; gefunden C: 79,5, H: 4,1).

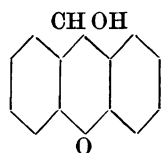
Wie die obige Formel erkennen lässt, enthält das Xanthon, ebenso wie Fluorescein, den Pyronring, welcher im o-Dioxybenzophenon noch nicht geschlossen ist. Auch in der Xanthongruppe ist also dieser Sechsring als der Träger der Fluorescenz zu betrachten.

Durch Reduction entstehen aus dem Xanthon *Xanthydrol*²⁾ und *Xanthen*³⁾:

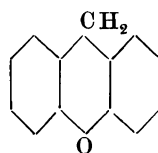
¹⁾ M. Salzmänn und H. Wichelhaus, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **10**, 1400; V. Merz und W. Weith, *ibid.* **14**, 192; R. Richter, Journ. f. prakt. Chem. [2] **28**, 275; C. Graebe u. R. Ebrard, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **15**, 1679; W. Perkin, *ibid.* **16**, 339; C. Graebe, *ibid.* **21**, 503; Derselbe, Ann. d. Chem. **254**, 265 etc.

²⁾ R. Meyer und E. Saul, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **26**, 1276.

³⁾ C. Graebe, Liebigs Annalen der Chemie **254**, 282.

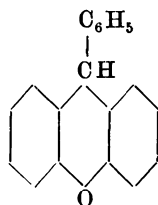


Xanthhydrol



Xanthen

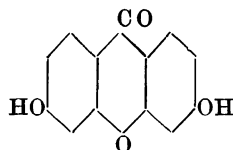
Beide Körper lösen sich in Schwefelsäure mit gelber Farbe und intensiv grüner *Fluorescenz*. Auch ein *Phenylxanthen*¹⁾:



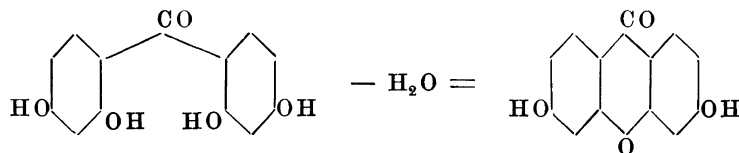
zeigt in Schwefelsäure grüne *Fluorescenz*.

Unter den *Substitutionsproducten des Xanthons* sind die Hydroxylderivate von besonderem Interesse. Durch die Untersuchungen von C. Graebe, St. v. Kostanecki u. A. ist eine beträchtliche Zahl derselben bekannt und mehr oder weniger eingehend studirt worden. Die Monohydroxylderivate sind sämtlich bekannt. Um den Einfluss zu beurtheilen, welchen die Stellung der Hydroxylgruppen auf die Fluorescenzerscheinungen ausübt, steht also hier ein viel reichhaltigeres Material zur Verfügung, als in der Fluoresceingruppe.

Die meisten Mono- und Dioxyxanthere sind gelb gefärbt und geben gelbe Alkalilösungen ohne *Fluorescenz* (bezw. gelbe schwerlösliche Natriumsalze). Die dem Fluorescein analoge Verbindung



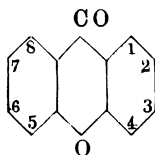
war bis vor Kurzem noch nicht bekannt. Sie wurde aber in allerjüngster Zeit aus dem Fluoresceinchlorid erhalten²⁾. Dieses liefert beim Schmelzen mit Alkali (neben Resorcin und Dioxybenzoylbenzoesäure) eine kleine Menge eines Di-p-di-o-tetraoxybenzophenons, und letzteres geht beim blossen Erhitzen über seinen Schmelzpunkt in das fragliche Dioxyxanthon über:



¹⁾ R. Meyer und E. Saul, *Berichte der deutsch. chem. Gesellsch.* 25, 3589.

²⁾ R. Meyer und A. Conzetti, *Berichte der deutsch. chem. Gesellsch.* 30, 970.

Um die isomeren Xanthonderivate unterscheiden zu können, hat man, ähnlich wie in anderen Gruppen organischer Ringgebilde, eine Bezifferung eingeführt, welche durch das folgende Schema erläutert wird:

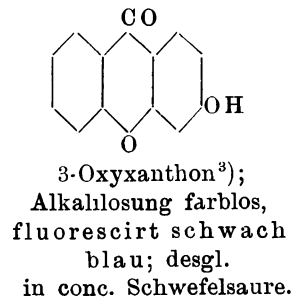
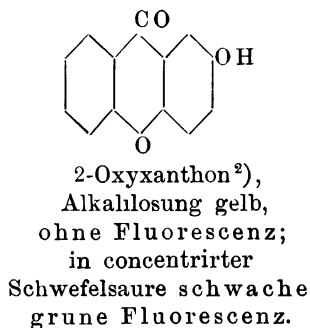
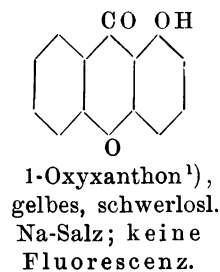


Die aus dem Fluoresceinchlorid erhaltene Verbindung ist hiernach als 3,6-Dioxyxanthon zu bezeichnen.

Dieser Körper ist durch sehr merkwürdige Eigenschaften ausgezeichnet. Er ist nahezu farblos. Auch seine Lösung in Alkali ist sehr wenig gefärbt; dagegen besitzt sie eine äusserst zarte *violettblaue Fluorescenz*, welche auch bei ausserordentlicher Verdünnung noch sehr stark hervortritt. Das Tetraoxybenzophenon, aus welchem er entsteht, löst sich in Alkali mit gelber Farbe ohne Fluorescenz. Man kann daher bei seinem Uebergange in 3,6-Dioxyxanthon direct beobachten, wie der Schluss des Pyronringes das Auftreten der Fluorescenz zur Folge hat.

Durch Bromiren giebt das 3,6-Dioxyxanthon ein Tetrabromderivat, $C_{13}H_2O_2Br_4(OH)_2$, dessen Alkalilösung gleichfalls violett fluorescirt, aber bedeutend schwächer als die des unbromirten Körpers. Das Verhältniss ist hier also dasselbe, wie zwischen Fluorescein und Eosin.

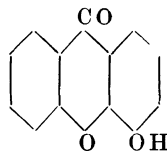
Das 3,6-Dioxyxanthon nimmt unter den Hydroxylderivaten des Xanthons — soweit sie bekannt sind — eine fast völlig isolirte Stellung ein. Es wird von einigem Interesse sein, diese Körper zu vergleichen, weshalb im Folgenden ihre Formeln und die hier in Betracht kommenden Eigenschaften zusammengestellt sein mögen. Die meisten hat auf meinen Wunsch mein Assistent, Herr Alfred Conzetti, nach den Angaben der Entdecker dargestellt, so dass ich in der Lage war, ihre Eigenschaften aus eigener Anschauung kennen zu lernen, bezw. zu bestätigen.



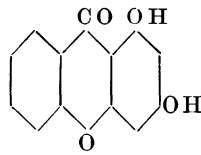
¹⁾ Michael, Am. chem. Journ. 5, 91; C. Graebe, Liebig's Annalen der Chem. 254, 290; St. v. Kostanecki u. B. Nessler, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 24, 1895

²⁾ St. v. Kostanecki u. R. Rutishauser, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 25, 1648.

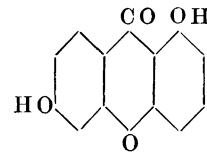
³⁾ St. v. Kostanecki u. B. Nessler, ibid. 24, 3981.



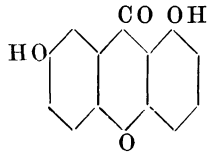
4-Oxyxanthon¹⁾;
Alkalilösung schwach gelb,
ohne Fluorescenz



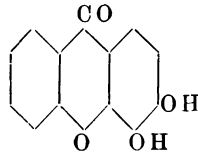
1,3-Dioxyxanthon²⁾,
Alkalilösung gelb,
ohne Fluorescenz.



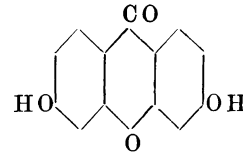
1,6-Dioxyxanthon³⁾,
Alkalilösung gelb,
ohne Fluorescenz.



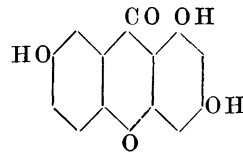
1,7-Dioxyxanthon⁴⁾;
Euxanthon,
Alkalilösung gelb,
ohne Fluorescenz.



3,4-Dioxyxanthon⁵⁾,
Alkalilösung roth,
ohne Fluorescenz.



3,6-Dioxyxanthon⁶⁾;
Alkalilösung schwach gelb,
fluorescirt intensiv
violett; in Schwefelsäure
desgl., aber schwacher.



1, 3, 7-Trioxyxanthon⁷⁾;
Gentisein,

Alkalilösung gelb, ohne Fluorescenz.

Wie aus dem Obigen hervorgeht, zeigen von allen bekannten Oxyxanthonen Fluorescenz in alkalischer Lösung nur das 3-Oxy- und das 3,6-Dioxyxanthon. Für diese Eigenschaft ist also die Stellung 3 und die mit ihr identische Stellung 6 maassgebend; es ist aber sehr bemerkenswerth, dass *eine* Hydroxylgruppe nur in *einer* dieser beiden Stellungen eine unverhältnissmässig geringere Fluorescenz hervorbringt, als die Anwesenheit zweier Hydroxyle an beiden Plätzen. — Ferner muss hervorgehoben werden, dass auch die Körper 1,3-, 1,6- und 3,4- nicht fluorescirende Alkalilösungen geben, obwohl sie eine Hydroxylgruppe in der Stellung 3 bzw. 6 enthalten. Hier ist die schwache Wirkung dieses einen OH durch die fluorescenzwidrige Wirkung der in 1 bzw. 4 stehenden Hydroxylgruppe aufgehoben. Diese Thatsachen sind in Uebereinstimmung mit den an den isomeren Orcinptaleinen

¹⁾ St. v. Kostanecki u. R. Rutishauser, *ibid.* 25, 1649.

²⁾ St. v. Kostanecki u. B. Nessler, *ibid.* 24, 1896.

³⁾ St. v. Kostanecki, *ibid.* 27, 1991.

⁴⁾ Stenhouse, *Liebig's Annalen der Chemie* 51, 325; Erdmann, *Journ. f. prakt. Chem.* 33, 205; A. Baeyer, *Liebig's Annalen der Chemie* 155, 259; H. Wichelhaus u. Salzmann, *Berichte der deutsch. chem. Gesellsch.* 10, 1398; C. Graebe, *Liebig's Annalen der Chemie* 254, 291; St. v. Kostanecki und B. Nessler, *Berichte der deutsch. chem. Gesellsch.* 24, 3983.

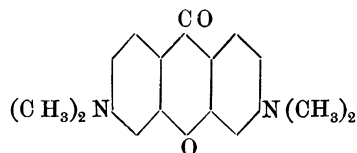
⁵⁾ C. Graebe u. A. Eichengrün, *Berichte der deutsch. chem. Gesellsch.* 24, 969; *Liebig's Annalen der Chemie* 269, 310.

⁶⁾ R. Meyer u. A. Conzetti, *Berichte der deutsch. chem. Gesellsch.* 30, 970.

⁷⁾ St. v. Kostanecki, *Monatsh. f. Chem.* 12, 207; 15, 4.

beobachteten Erscheinungen. — Auffallend dagegen ist die schwache grüne Fluorescenz des 2-Oxyxanthon in schwefelsaurer Lösung, für welche eine Erklärung vor der Hand nicht gegeben werden kann.

Durch Oxydation der Pyronine (s. w. u.) erhielt vor Kurzem J. Biehringer¹⁾ ein *alkylirtes 3,6-Diamidoxanthon*



welches hinsichtlich der Stellung der basischen Gruppen dem 3,6-Dioxyxanthon entspricht. Dieser Körper ist natürlich in Alkali unlöslich; aber seine alkoholische, bezw. methylalkoholische Lösung zeigt dieselbe zartviolette Fluorescenz wie die Lösung des 3,6-Dioxyxanthon in verdünnter Natronlauge. Die beiden Körper stehen in derselben Beziehung wie Fluoresceïn und Rhodamin; aber sie sind einander viel ähnlicher wie diese. Uebrigens ist auch den Lösungen des Tetramethyl-3,6-diamidoxanthon in Aceton, Chloroform und concentrirter Schwefelsäure dieselbe violette Fluorescenz eigen, wie der alkoholischen; in diesen Fällen ist Ionisirung wohl ausgeschlossen. Dagegen löst sich der Körper in verdünnten Mineralsäuren mit gelber Farbe und grüner Fluorescenz; auch die Lösung in concentrirter Schwefelsäure wird durch Verdünnen grün. Am besten beobachtet man die Erscheinung in alkoholischen Lösungen. Löst man einige Körnchen der Base in wenig Salzsäure und fügt Alkohol zu, so erhält man eine prachtvoll grün fluorescirende Lösung; einige Tropfen Natronlauge lassen die Fluorescenz in Violett umschlagen; durch Ansäuern wird sie wieder grün. Der Körper verhält sich demnach wie ein Titerindicator; dies steht in Zusammenhang mit seiner schwach basischen Natur: seine Salze werden schon durch Wasser zersetzt. Im Sinne von W. Ostwald's Theorie der Indicatoren²⁾ wird man annehmen müssen, dass die violette Fluorescenz dem Molecularzustande, die grüne aber dem Ionenzustande des Körpers zukommt; durch Säuren wird er aus dem ersteren in den letzteren übergeführt.

Durch die vorstehenden Darlegungen wurde zu zeigen versucht, wie die Fluorescenz organischer Verbindungen an die Anwesenheit gewisser Atomcomplexe in ihren Molekeln gebunden ist und wie dieselbe durch Substitution und Isomerie beeinflusst wird. In der Fluoran- und Xanthongruppe wurde der Pyronring als Träger der Fluorescenz erkannt.

¹⁾ Journ. f. prakt. Chem. 54, 217.

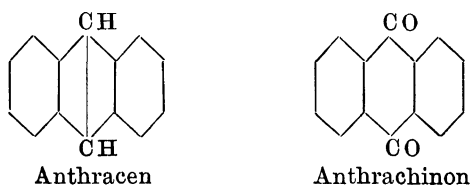
²⁾ W. Ostwald, die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie. Leipzig 1894, S. 104

Aber es fluoresciren auch zahlreiche andere organische Verbindungen, welche keinen Pyronring enthalten, und hier muss die Fluorescenz offenbar durch andere Atomgruppen bedingt sein. Es wird zweckmässig sein, für diese Träger der Fluorescenz eine geeignete Bezeichnung einzuführen; in Anlehnung an verwandte Erscheinungen schlage ich vor, sie *Fluorophore* oder *fluorophore Gruppen* zu nennen. Der Pyronring ist dann der Fluorophor der Fluorane und Xanthone.

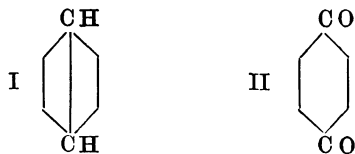
Wie in der Einleitung bemerkt, ist es nicht die Absicht, in dieser Abhandlung die Fluorescenz der organischen Verbindungen erschöpfend zu behandeln: vielmehr ist es nöthig, sich vorläufig auf verwandte Typen zu beschränken. Nun giebt es aber zahlreiche fluorescirende Verbindungen, welche sowohl durch den in ihnen enthaltenen Fluorophor, als auch sonst hinsichtlich ihrer Constitution den im Vorstehenden besprochenen Körpern nahe stehen. Es sei deshalb gestattet, unter ihnen noch eine flüchtige Umschau zu halten.

Gruppe des Anthracens.

Bereits in der Einleitung wurde darauf hingewiesen, dass C. Liebermann im Jahre 1880 die Fluorescenz in der Anthracengruppe zum Gegenstande einer Erörterung gemacht hat¹⁾. Er kam zu dem Ergebnisse, dass das Anthracen und seine directen Derivate im Allgemeinen fluoresciren, die Abkömmlinge des Anthrachinons aber nicht. Wie die Formeln der beiden Muttersubstanzen



erkennen lassen, müssen demnach dem zwischen zwei Benzolkerne gelagerten Ringe I fluorophore Functionen zugeschrieben werden, während sie dem Diketonringe II abgehen:



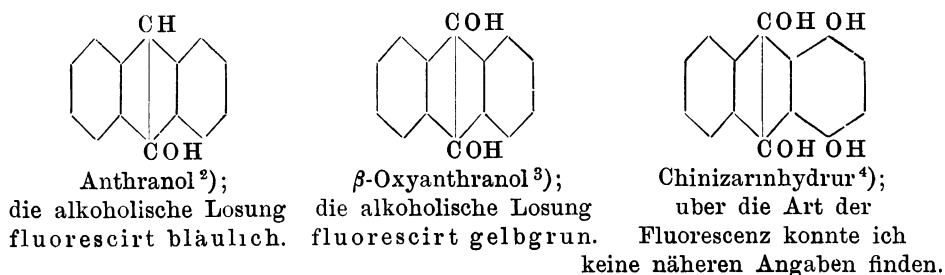
Es soll hier auf die einzelnen Erscheinungen nicht näher eingegangen werden; auch einige Ausnahmefälle mögen unberücksichtigt bleiben. Nur darauf sei hingewiesen, dass die zartviolette Fluorescenz des reinen Anthracens in erster Linie an den Krystallblättchen des Kohlenwasserstoffs beobachtet wird; seine Lösungen in Alkohol, Xylol u. dergl. fluoresciren zwar mit derselben Farbe, aber so schwach,

¹⁾ Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 13, 913.

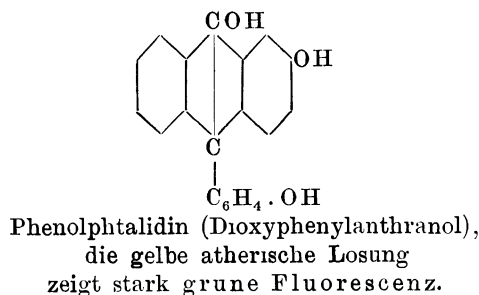
dass die Erscheinung bei der gewöhnlichen Beobachtung nahezu an der Grenze der Erkennbarkeit steht. In concentrirter Schwefelsäure löst sich Anthracen mit gelber Farbe und ohne Fluorescenz.

Wird die nicht fluorophore Diketongruppe des Anthrachinons „in irgend einer ihrer zahlreichen Verbindungen durch Reduction angegriffen, selbst ohne ihren Sauerstoff ganz zu eliminiren, so treten die auffallendsten Fluorescenzerscheinungen auf, wie sich beispielsweise bei der Bildung der Anthranole, des Chinizarinhydrürs, des sogenannten Anthrahydrochinons u. a. beobachten lässt. Das Chrysarobin, welches eine zum Theil reducirte Anthrachinongruppe enthält, unterscheidet sich von der Chrysophansäure charakteristisch durch die gelbgrüne Fluorescenz seiner alkalischen Lösung, welche mit der freiwilligen Oxydation an der Luft zu normaler Chrysophansäure verschwindet¹⁾“.

Die folgenden Formeln werden dies näher erläutern:

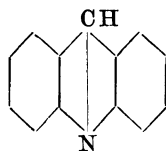


Auch die von A. Baeyer⁵⁾ entdeckten *Phthalidine* sind Derivate des Anthracens, sie schliessen sich den übrigen Körpern dieser Gruppe an:



Gruppe des Acridins.

Dem Anthracen verwandt ist das *Acridin*⁶⁾:



¹⁾ C. Liebermann, l. c.

²⁾ Derselbe, Liebig's Annalen der Chemie **212**, 7.

³⁾ K. E. Schulze, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **18**, 3036.

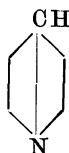
⁴⁾ C. Liebermann, Liebig's Annalen der Chemie **212**, 14.

⁵⁾ Liebig's Annalen der Chemie **202**, 90.

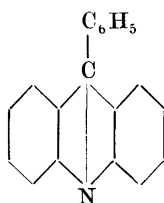
⁶⁾ C. Graebe u. H. Caro, *ibid.* **158**, 2; A. Bernthsen, *ibid.* **224**, 3.

Es ist ein Anthracen, in dessen mittlerem Kohlenstoffringe eine CH-Gruppe durch ein Stickstoffatom ersetzt ist. Seine Lösungen zeigen blaue Fluorescenz.

Der Fluorophor des Acridins ist ohne Zweifel der in ihm enthaltene, aus fünf Kohlenstoff- und einem Stickstoffatom bestehende Ring:

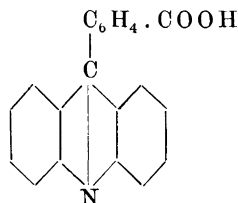


Wird der Wasserstoff des Acridins durch Phenyl ersetzt, so entsteht das *Phenylacridin*¹⁾:



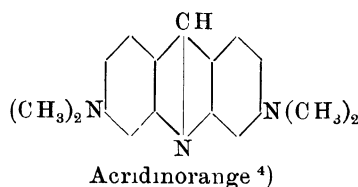
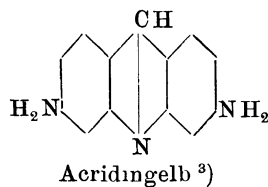
Die wässrigen Lösungen seiner Salze zeigen eine Fluorescenz, „welche der des Fluoresceins sehr ähnlich ist“.

Auch die *Acridylbenzoesäure*²⁾:



zeigt in verdünnter wässriger oder saurer Lösung eine ausgezeichnete grüne Fluorescenz; die Lösungen ihrer Alkalisalze dagegen fluoresciren blau, so dass beim Zusatz von Säure oder Alkali jedesmal ein Umschlag der Fluorescenzfarbe zu beobachten ist. Wir haben hier offenbar analoge Verhältnisse, wie bei dem alkylirten Diamidoxanthon (s. o.).

Vom Acridin und seinen Derivaten leiten sich eine Anzahl zum Theil technisch wichtiger Farbstoffe ab, welche gleichfalls alle mehr oder weniger starke Fluorescenzerscheinungen zeigen. Sie sollen hier nur kurz besprochen werden:



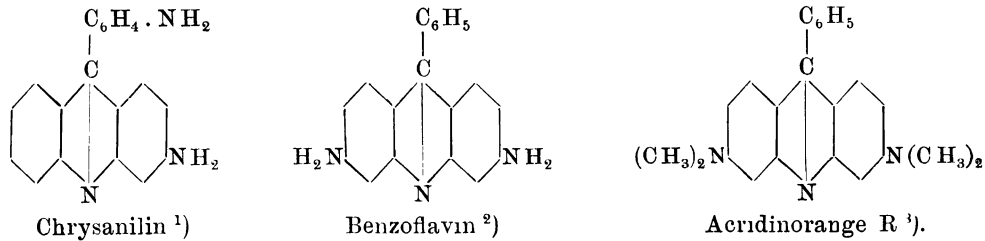
¹⁾ A. Bernthsen, Liebig's Annalen der Chemie **192**, 19, **224**, 12.

²⁾ Id. *ibid.* **224**, 45.

³⁾ A. Leonhardt u. Co. in Muhlheim i. H., D. R.-P. 52 324 v. 27. Juni 1889

⁴⁾ Idem D. R.-P. 59 179 v. 17. Dec. 1889.

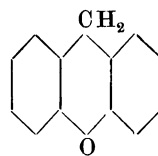
Beide zeigen, besonders in alkoholischer Lösung, intensiv grüne Fluorescenz. Wie man sieht, entspricht die Stellung der basischen Gruppen den Substitutionsverhältnissen des Fluoresceins und der Rhodamine:



Auch diese drei Farbstoffe geben grün fluorescirende Lösungen. Hier zeigt sich aber ein sehr bemerkenswerther Unterschied zwischen dem Chrysanilin und dem isomeren Benzoflavin. Die Fluorescenz des Benzoflavins ist eine sehr intensive, diejenige des Chrysanilins dagegen sehr gering. Sie ist an den Lösungen der Salze kaum zu bemerken und tritt deutlich erst bei der freien Base hervor. Auch hier ist also wieder ein ausgesprochener Einfluss der Isomerie zu erkennen, genau in demselben Sinne wie bei den Körpern der Fluoran- und Xanthongruppe. Denn im Benzoflavin haben beide Amidogruppen die „Fluoresceinstellung“, im Chrysanilin aber nur eine. Die zweite Amidgruppe des Chrysanilins befindet sich in einem Benzolkerne, welcher mit dem fluorophoren Ringe nur indirect zusammenhängt; sie hat wahrscheinlich auf die Fluorescenz überhaupt keinen Einfluss mehr.

Gruppe des Xanthens.

Schon oben wurde angeführt, dass das Xanthen



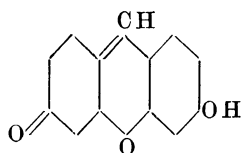
in schwefelsaurer Lösung intensiv grün fluorescirt. Das Xanthen ist aber weiter als Muttersubstanz einer Reihe von fluorescirenden Verbindungen zu betrachten. Dahin gehört eine von R. Möhlau⁴⁾ als „*Formofluorescein*“ bezeichnete Verbindung

¹⁾ A. W. Hofmann, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 2, 378; O. Fischer u. G. Korner, ibid. 17, 203, Liebig's Annalen der Chemie 226, 175; R. Anschutz, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 17, 433.

²⁾ K. Oehler in Offenbach a. M., D. R.-P. 43714 v. 28. Juli 1887 nebst Zusatzpatenten; R. Meyer u. R. Gross, unpublicirte Untersuchungen.

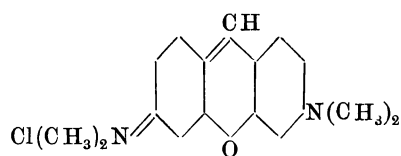
³⁾ A. Leonhardt u. Co. in Muhlheim i. H., D. R.-P. 68908 v. 7. Febr. 1890.

⁴⁾ Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. 27, 2887.



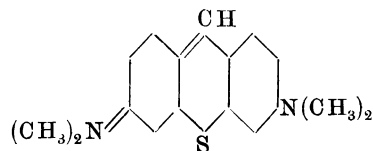
welche in Alkali sich wie Fluorescein löst. Dieselbe Eigenschaft zeigt auch die dem γ -Orcinphthalein entsprechende homologe Verbindung¹⁾.

Wie die Rhodamine zum Fluorescein, so verhalten sich zum Formofluorescein die als *Pyronine*²⁾ bekannten Farbstoffe, deren Name schon auf den in ihnen enthaltenen Pyronring hinweist, z. B.:



Die Pyronine haben in der That die grösste Aehnlichkeit mit den Rhodaminen; insbesondere lösen sie sich in Wasser und Alkohol mit rother Farbe und gelber Fluorescenz.

Vor einiger Zeit erhielt die Firma J. R. Geigy u. Co. in Basel ein Patent³⁾ auf die Darstellung von Farbstoffen des Typus



Ihre Verwandtschaft mit den Pyroninen, welche in der Formel deutlich hervortritt, zeigt sich in ihrer Eigenschaft, zu fluoresciren. Man kann sie passend als *Thiopyronine* bezeichnen. Der Eintritt von Schwefel an Stelle des Sauerstoffs in den Pyronring zerstört also die fluorophoren Eigenschaften des letzteren nicht. Immerhin vermindert er sie: die Fluorescenz der Thiopyronine ist merklich schwächer als die der ungeschwefelten Verbindungen⁴⁾.

¹⁾ Auffallender Weise fehlt sie dagegen der kurzlich von F. P. Hewitt u. C. Pope (Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **29**, 2824) dargestellten Carbon-saure des Formofluoresceins.

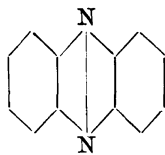
²⁾ Farbenfabriken, vorm. Friedr. Bayer u. Co. in Elberfeld, D. R.-P. 54190 v. 11. April 1889; A. Leonhardt u. Co. in Muhlheim i. H., D. R.-P. 58955 v. 27. Juni 1889 und Zusatze, J. Biehringer, Journ. f. prakt. Chem. **54**, 217.

³⁾ D. R.-P. 65739 v. 20. Febr. 1892.

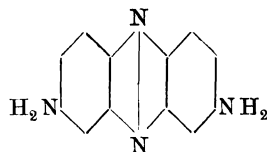
⁴⁾ Eine Probe Thiopyronin verdanke ich der Gute des Herrn Dr. Heinrich Meyer in Basel.

Gruppe des Phenazins.

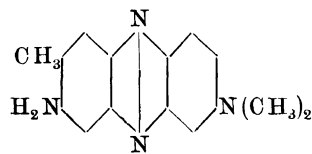
Das *Phenazin* ¹⁾:



ist die Muttersubstanz mehrerer wichtiger Farbstofffamilien, nämlich der *Eurhodine*, *Safranine*, *Mauveine* und *Induline*. Es löst sich in Schwefelsäure mit rother Farbe; ob mit Fluorescenz, ist den gemachten Angaben nicht zu entnehmen. Dagegen bildet das Phenazin zahlreiche fluorescirende Derivate. Die einfachsten sind die *Eurhodine* und *Eurhodole* ²⁾, d. i. Amido- und Hydroxylderivate des Phenazins, sowie der ihm entsprechenden Naphtophenazine und Naphtazine. Die typische Verbindung



löst sich in Alkohol oder Aether mit gelber Farbe und starker Fluorescenz ³⁾. Am längsten bekannt ist das *Toluylenroth*, im Handel als *Neutralroth* bezeichnet:



dessen fuchsinrothe alkoholische Lösung eine nicht sehr starke, aber deutlich rothbraune Fluorescenz zeigt. — Die freien Eurhodinbasen lösen sich meist in Aether mit gelber Farbe und grüner Fluorescenz.

Die *Safranine* und *Mauveine* ⁴⁾ sind eigenthümliche Ammoniumbasen, welche sich von einem am Stickstoff substituirten Phenazin ableiten; als Typus derselben kann das *Phenosafranin* ⁵⁾ gelten, dessen Chlorhydrat die Formel

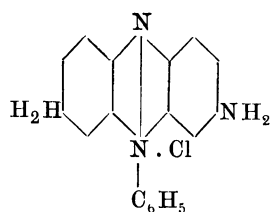
¹⁾ A. Claus, Liebig's Annalen der Chemie **168**, 1; Schichuzki, Journ. d. russ. chem. Ges. **6**, 248, V. Merz und C. Ris, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **19**, 725, 2206, O. Fischer und O. Heiler, ibid. **26**, 383.

²⁾ O. N. Witt, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **12**, 933, A. Bernthsen und H. Schweitzer, ibid. **19**, 2604; Liebig's Annalen der Chemie **236**, 332.

³⁾ R. Nietzki u. O. Ernst, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **23**, 1854.

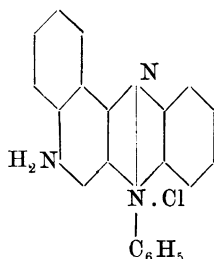
⁴⁾ Die Mauveine sind am Amidstickstoff substituirte Safranine.

⁵⁾ O. N. Witt, Journ. chem. ind. **1**, 255; R. Nietzki, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **16**, 464; A. Bernthsen, ibid. **19**, 2690; O. N. Witt, ibid. **19**, 3121; **21**, 719; R. Nietzki und R. Otto, ibid. **21**, 1593; G. F. Jaubert, ibid. **28**, 270, 508, 528, 1578; R. Nietzki, ibid. **28**, 1354; **29**, 1442; O. Fischer und E. Hepp, ibid. **28**, 2284; F. Kehrmann, Liebig's Annalen der Chemie **290**, 257; O. Fischer und E. Hepp, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **29**, 361, 1870; R. Nietzki, ibid. **29**, 1445, 2771; F. Kehrmann, ibid. **29**, 2316, 2967.



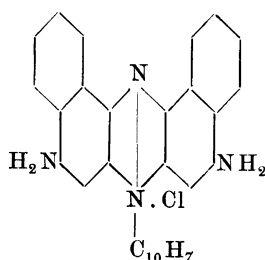
besitzt. In Alkohol lösen sich die Safranine mit rother Farbe und gelbrother Fluorescenz.

Mit den Safraninen in naher Beziehung stehen die *Rosinduline*¹⁾, als deren einfachster Vertreter der besonders mit diesem Namen belegte Körper



angeführt sein möge. Die „Lösungen der Rosindulinbasen in Alkohol zeigen eine gelbrothe Fluorescenz, während die Lösungen der Salze in verdünntem Alkohol lebhaft feuerroth, wie die Lösungen der Safranine fluoresciren²⁾“.

Auch das *Naphtalinrosa* oder *Magdalaroth*³⁾



gehört zu den Safraninen; es ist durch die feurigrothe Fluorescenz seiner Lösungen besonders ausgezeichnet.

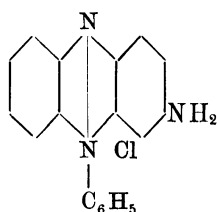
Zu den Derivaten des Phenazins gehören ferner die *Induline*. Wie man jetzt weiss, ist als Muttersubstanz dieser Gruppe im engeren Sinne das *Aposafraamin*⁴⁾:

¹⁾ Die Rosinduline wurden von C. Schraube im Laboratorium der Bad. Anilin- und Sodafabrik entdeckt, ihre Sulfosauren kommen unter dem Namen Azocarmin in den Handel, D. R.-P. 45370 v. 6 Mai 1888. Naher untersucht wurden sie von O. Fischer u. E. Hepp, Liebig's Annalen der Chemie **256**, 233.

²⁾ O. Fischer und E. Hepp, l. c. 233.

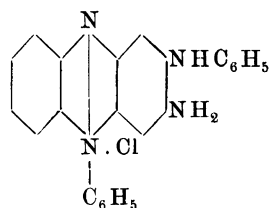
³⁾ A. W. Hofmann, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **2**, 374, 412; P. Julius, ibid. **19**, 1365, O. Fischer und E. Hepp, ibid. **26**, 2235, Liebig's Annalen der Chemie **286**, 235.

⁴⁾ R. Nietzki und R. Otto, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **16**, 469, **21**, 1590.



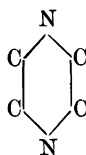
zu betrachten. Bemerkenswerther Weise geht nun diesem Körper, auch in alkoholischer Lösung, die Fluorescenz vollkommen ab. Diese Thatsache erinnert lebhaft an die in der Fluoresceïn- und namentlich in der Xanthongruppe gemachten Erfahrungen: Das nicht fluorescirende Aposafrafin verhält sich zu dem fluorescirenden Safranin wie das stark fluorescirende 3,6-Dioxyxanthon zu dem kaum fluorescirenden 3-Monooxyxanthon.

Die *Induline*¹⁾ entstehen durch Eintritt von Anilinresten in das Molecül des Aposafrafin²⁾; das einfachste Indulin entspricht der Formel:



Es sind blaue, zum Theil nur in Alkohol lösliche Farbstoffe, welchen ebenso wie ihrem Prototyp die Fähigkeit zu fluoresciren abgeht.

Wie die Formeln des Phenazins und seiner Derivate erkennen lassen, enthalten diese Körper als Fluorophor den aus vier Kohlenstoff- und zwei Stickstoffatomen bestehenden *Azinring*:

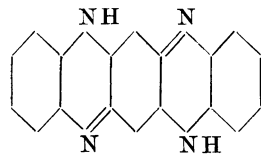


Dieser Atomcomplex findet sich nun auch noch in einigen anderen Körpergruppen, welche deshalb hier ebenfalls kurz zu erwähnen sind, nämlich in den *Fluorindinen* und *Chinoxalinfarbstoffen*. Die ersteren³⁾ sind complicirtere Gebilde, als deren Typen die beiden folgenden Körper gelten mögen:

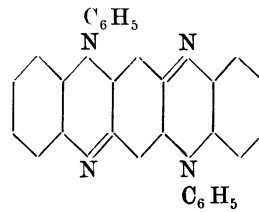
¹⁾ F. Kehrman n, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **28**, 1709; O. Fischer und E. Hepp, Ibid. **28**, 2283, **29**, 361.

²⁾ F. Kehrman n, l. c.

³⁾ Die Fluorindine wurden von H. Caro und O. N. Witt entdeckt; genauer untersucht von O. Fischer und E. Hepp, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **23**, 2789; **28**, 293, 2228; **29**, 367, 1607, F. Kehrman n, ibid. **27**, 3348; **28**, 1543, **29**, 1248; R. Nietzk i, ibid. **28**, 1357.



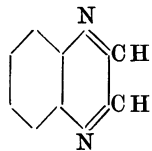
Fluorindin



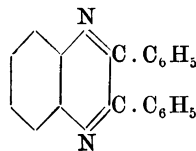
Diphenylfluorindin.

Wie man sieht, enthalten die Fluorindine einen doppelten Azinring, und zwar vollständig zwischen Benzolkerne gelagert; dem entsprechen durchaus ihre Eigenschaften: es sind blaue Farbstoffe, deren Salze in den Lösungen intensiv rothe Fluorescenz zeigen.

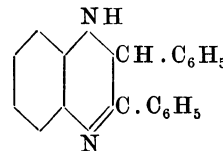
Die *Chinoxalin*farbstoffe ¹⁾ sind hydrirte Derivate phenylirter Chinoxaline, wie folgende Formeln erkennen lassen:



Chinoxalin

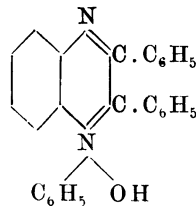


Diphenylchinoxalin



Dihydrodiphenylchinoxalin.

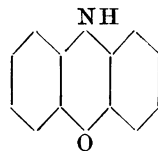
Die Körper des letzteren Typus sind lebhaft gelb gefärbt und zeigen in ätherischer oder benzolischer Lösung insensiv gelb- oder braungrüne Fluorescenz. Merkwürdiger Weise gehen diese Eigenschaften nicht nur dem Chinoxalin, sondern auch dem nicht hydrirten Diphenylchinoxalin ab, obwohl letzteres denselben Azinring und ebenso zwischen Benzolkerne gelagert enthält, wie die hydrirte Verbindung. Dies ist um so auffallender, als die von O. N. Witt ²⁾ entdeckten „*Azoniumbasen*“, als deren einfachster Vertreter die Verbindung ³⁾



anzuführen ist, auch im nicht hydrirten Zustande grün fluorescirende Lösungen geben.

Gruppe des Phenazoxins.

Dem Phenazin verwandt ist das *Phenazoxin* ⁴⁾:



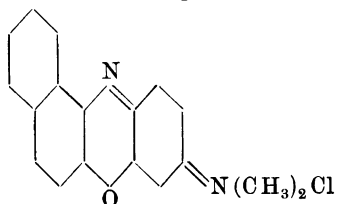
¹⁾ O. Fischer, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **24**, 719, **25**, 2826.

²⁾ Ibid. **20**, 1183.

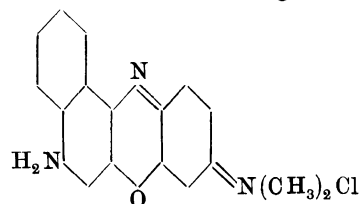
³⁾ F. Kehrman und J. Messinger, *ibid.* **24**, 1239.

⁴⁾ A. Bernthsen, *ibid.* **20**, 943.

welches den aus vier Kohlenstoff-, einem Stickstoff- und einem Sauerstoffatom bestehenden *Oxazinring* enthält. Es ist die Muttersubstanz der zum Theil technisch sehr wichtigen Oxazin- und Oxazonfarbstoffe. Ueber Fluorescenzerscheinungen hat der Entdecker keine Angaben gemacht; in concentrirter Schwefelsäure löst sich das Phenazoxin „mit violetttröthlicher Farbe“ (vergl. weiter unten die analoge Reaction des Thiodiphenylamins). Aber die vom Phenazoxin abgeleiteten Farbstoffe besitzen zum Theil hervorragendes Fluorescenzvermögen. Als Typen basischer Derivate — der sogenannten Oxazimfarbstoffe — seien angeführt:



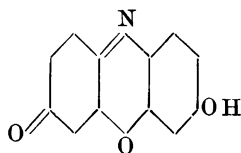
Neublau ¹⁾



Nilblau ²⁾.

Beide lösen sich in Wasser und Alkohol ohne Fluorescenz, ersteres mit blavioletter, letzteres mit rein blauer Farbe. Isolirt man die Basen und nimmt diese mit Aether auf, so giebt das Neublau eine Lösung, welche auf Zusatz von Alkohol rothbraun fluorescirt; die ätherische Lösung der Nilblaubase zeigt direct gelbe Fluorescenz, welche auf Zusatz von Alkohol gleichfalls in Rothbraun umschlägt.

Treten Sauerstoffatome in das Phenoxazinmolecül ein, so entstehen die Oxazonfarbstoffe. Sie sind wenig zahlreich; am bekanntesten ist das *Resorufin* ³⁾:



Dasselbe löst sich in Alkali mit rosarother Färbung und feurig-rother Fluorescenz. Durch Brom wird es in ein Tetrabromderivat übergeführt, welches grün fluorescirende Lösungen bildet, und seit längerer Zeit unter dem Namen *fluorescirendes Blau* oder *Irisblau* im Handel ist. Es färbt Seide blau mit braunrother Fluorescenz.

Gruppe des Thiodiphenylamins.

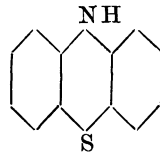
Ebenso wie Sauerstoff, so kann auch ein Schwefelatom in den Azinring an Stelle von Stickstoff eintreten; es entsteht so das dem Phenazoxin genau entsprechende *Thiodiphenylamin* ⁴⁾:

¹⁾ R. Meldola, Berichte der deutsch. chem. Gesellsch. **12**, 2065; R. Nietzki u. R. Otto, *ibid.* **21**, 1745; O. N. Witt, *ibid.* **23**, 2247; R. Nietzki u. A. Bossi, *ibid.* **25**, 2994.

²⁾ Badische Anilin- und Sodafabrik, D. R.-P. 45268 v. 28. Febr. 1888.

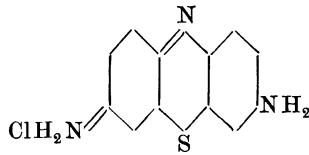
³⁾ P. Weselski und R. Benedikt, Liebigs Annalen der Chemie **162**, 273; R. Nietzki, A. Dietze und H. Mackler, Ber. der deutsch. chem. Gesellsch. **22**, 3020; **23**, 718; **24**, 3336.

⁴⁾ A. Bernthsen, *Ibid.* **16**, 2896, **19**, 3255.

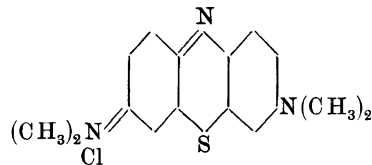


Der Körper bildet farblose Blättchen; in concentrirter Schwefelsäure löst er sich mit braungrüner Farbe, in dünnen Schichten erscheint die Lösung roth. Die letztere Erscheinung, welche am besten beim Herunterlaufen der Flüssigkeit an der Gefäßwand beobachtet wird, ist doch wohl als Fluorescenz zu deuten.

Das Thiodiphenylamin ist die Muttersubstanz der *Thiazin*farbstoffe; dieselben wurden 1876 von Ch. Lauth¹⁾ entdeckt: weitaus der wichtigste Vertreter der Gruppe ist das bald darauf von der *Badischen Anilin- und Sodafabrik* in Ludwigshafen a. Rh. aufgefundene *Methylenblau*²⁾. Die eingehende wissenschaftliche Erforschung und Aufklärung der ganzen Gruppe verdanken wir A. Bernthsen³⁾. Hier seien von basischen Gliedern der Reihe nur angeführt:



Thionin; Lauth'sches Violett



Methylenblau.

Das Thionin löst sich in Alkohol mit blauvioletter Farbe und schwach braunrother Fluorescenz; die ätherisch-alkoholische Lösung der freien Farbbase zeigt diese Fluorescenz in bedeutend erhöhtem Maasse.

Vom Methylenblau sind meines Wissens Fluorescenzerscheinungen nirgends angegeben. Beobachtet man aber sehr verdünnte Lösungen des Farbstoffs, am besten im directen Sonnenlichte, so bemerkt man doch eine, wenn auch sehr schwache rothviolette Fluorescenz. Die ätherisch-alkoholischen Lösungen der freien Farbstoffbase zeigen dieselbe Erscheinung etwas deutlicher, immerhin aber auch nur schwach. Man kann sich aber unzweifelhaft von der Fluorescenz der Methylenblaulösungen mittelst der oben beim α -Naphtofluoran angegebenen Methode überzeugen. Das durch die Linse auf die Lösung des Farbstoffs geworfene Sonnenlicht erzeugt in diesem Falle an der Eintrittsstelle einen purpurrothen Kreis, bezw. innerhalb der blauen Flüssigkeit einen rothen Kegel; besonders schön tritt die Erscheinung hervor, wenn man den Strahlenkegel statt auf die Gefäßwand auf die freie Oberfläche der Flüssigkeit fallen lässt. — Immerhin ist die Fluorescenz sehr schwach, und jedenfalls bedeutend schwächer als die des Thionins;

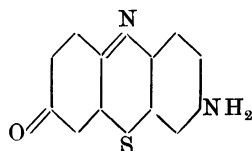
¹⁾ Compt. rend. 82, 1441.

²⁾ D. R.-P. 1886 v. 15. Dec. 1877.

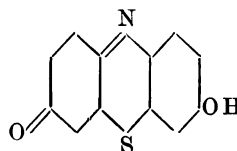
³⁾ Liebig's Annalen der Chemie 230, 73, 137, 251, 1.

in Rücksicht auf die intensive Fluorescenz der Rhodamine und Pyronine, sowie des alkylirten 3,6-Diamidoxanthons ist diese geringe Fluorescenz der Methylenblaulösungen eine auffallende, vorläufig nicht erklärbare Erscheinung.

Zu den Thiazinkörpern gehört ferner noch:



Thionolin ¹⁾



Thionol ²⁾

Ersteres löst sich in Alkohol „purpurroth mit violetter Ablauf und prächtiger braunrother Fluorescenz“; das Thionol löst sich in Alkalien „mit prächtig violetter Farbe und braunrother Fluorescenz“.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung können in folgende Sätze zusammengefasst werden:

1. Die Fluorescenz organischer Verbindungen wird durch die Anwesenheit ganz bestimmter Atomgruppen in ihrem Molecule veranlasst, welche als *Fluorophore* bezeichnet werden können. Solche Gruppen sind besonders gewisse sechsgliedrige, meist heterocyklische Ringe, wie der Pyron-, der Azin-, Oxazin-, Thiazinring, sowie die im Anthracen und Acridin enthaltenen Atomringe.

2. Das Vorhandensein der fluorophoren Gruppen allein ruft die Fluorescenz noch nicht hervor; es ist vielmehr erforderlich, dass diese Gruppen zwischen andere, dichtere Atomcomplexe, z. B. zwischen Benzolkerne, gelagert sind.

3. Die Fluorescenz eines Körpers wird durch Substitution verändert; meist erfährt sie durch den Eintritt schwererer Atome oder Atomcomplexe an Stelle von Wasserstoff in die Benzolkerne des Molecüls eine mehr oder weniger weitgehende Schwächung, event. wird sie dadurch vollkommen vernichtet. Der Grad dieser Minderung hängt von der Natur und Stellung der Substituenten ab.

4. Besonders charakteristisch ist der Einfluss der Isomerie. Nur bei ganz bestimmter Stellung der substituierenden Gruppen kommt die Fluorescenz der Muttersubstanzen zur Geltung, während sie durch den Eintritt der Substituenten in andere Stellungen bedeutend geschwächt oder vollständig aufgehoben werden kann.

5. Von Einfluss ist ferner das Lösungsmittel: ein und dieselbe Substanz fluorescirt in gewissen Lösungsmitteln, in anderen nicht. In manchen Fällen von Fluorescenz flüssiger Lösungen kann die Ionisierung mitspielen, in anderen ist sie bestimmt ausgeschlossen.

¹⁾ A. Bernthsen, Liebig's Annalen der Chemie 230, 201.

²⁾ Derselbe, Ibid 187.

ÜBER DAS
AETHERISCHE OEL
DER
ANGOSTURARINDE.

VON
H. BECKURTS UND J. TRÖGER.

Die Rinde der in Columbien einheimischen Rutacee, *Cusparia trifoliata* Engler (*Galipea officinalis* Hancock) wurde im Jahre 1789 in Deutschland unter dem Namen *Angosturarinde* bekannt¹⁾ und als stärkendes und fiebertreibendes Mittel gerühmt²⁾. Mit der chemischen Untersuchung der durch gewürzigen Geruch und aromatisch bitteren Geschmack ausgezeichneten Rinde haben sich zahlreiche Chemiker beschäftigt, ohne jedoch die wirkliche Natur ihrer Bestandtheile aufzuklären. Da sie häufig im Handel mit einer äusserst giftigen, sogenannten falschen Angosturarinde (*Strychnosrinde*) gemengt vorkam, so war dies die äussere Veranlassung, die an sich sehr wirksame Rinde von der arzneilichen Verwendung auszuschliessen, während vielleicht die neuerdings aus der Rinde isolirten Bestandtheile von Neuem Veranlassung bieten werden, diese auf ihre arzneiliche Verwendung zu prüfen.

Nach den neueren Untersuchungen³⁾ im chemisch-pharmaceutischen Laboratorium der technischen Hochschule enthält die Rinde vier gut charakterisirte Alkaloïde, *Cusparin*, *Cusparidin*, *Galipin* und *Galipidin*, einen Bitterstoff, *Angosturin*, ein noch nicht näher studirtes Glykosid und ein ätherisches Oel.

Das ätherische Oel, über welches die nachfolgenden Zeilen berichten, wurde zuerst von Pfaff⁴⁾ erwähnt, später von C. Herzog⁵⁾ und von Oberlin und Schlagdenhauffen⁶⁾ dargestellt und von Herzog für dasselbe die unitäre Formel $C_{13}H_{24}O$ ermittelt.

Zum Ausgangsmaterial für die Gewinnung des ätherischen Oeles der Angosturarinde diente die dunkelbraun gefärbte, aromatisch riechende, dicke, ölige Flüssigkeit, die nach der Abscheidung der Alkaloïde aus dem ätherischen Auszuge der Rinde durch Schütteln mit verdünnter Schwefelsäure hinterblieb. Hieraus wurde das ätherische Oel in reinem Zustande durch Destillation mit Wasserdampf gewonnen, und der in Wasser unlösliche Antheil des Destillates mit entwässertem, schwefel-

¹⁾ Strassburger med.-chir. Zeitung vom Jahre 1790, St. 7, S. 111.

²⁾ London. med. Journal for the Year 1789, Vol. X, Part II, p. 154.

³⁾ Arch. d. Pharm. 229, S. 591; 233, S. 410.

⁴⁾ Syst. d. mater. medic. II, S. 69.

⁵⁾ Archiv d. Pharm. (2) 93, S. 146.

⁶⁾ Journ. d. Pharm. 1878, S. 172.

saurem Natrium völlig von Wasser befreit. Dieses von uns im Kleinen gewonnene Oel, das, frisch dargestellt, nur schwach gelb gefärbt erscheint, beim Stehen aber sehr bald sich dunkel färbt, stimmte in allen seinen Eigenschaften überein mit dem Angosturarindenöl, das auf unsere Veranlassung von der Firma Schimmel u. Comp. in Leipzig hergestellt war, und das von der genannten Firma in lebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt wurde. Nach Schimmel u. Comp. gaben 100 kg Angosturarinde 1½ kg reinen Oeles.

Das Rohöl.

Das Angosturarindenöl ist ein aromatisch schmeckendes und riechendes Oel, welches frisch gewonnen eine schwach gelbliche Farbe besitzt. Beim Stehen wird die Farbe des Oeles dunkler, schliesslich erscheint beim längeren Aufbewahren das Oel undurchsichtig und tief braun gefärbt. Das Rohöl enthält immer noch hygroskopische Feuchtigkeit beigemischt.

Das mittelst Pyknometer festgestellte specifische Gewicht ergab 0,941 bei 20° C.

Das Rohöl ist optisch activ und zwar linksdrehend. Das frisch mit Wasserdampf destillirte, durch Natriumsulfat entwässerte, schwach gelblich gefärbte Oel gab im Wild'schen Polaristrobometer mit Natriumlicht im 20 mm-Rohr eine Drehung von 10° nach links, woraus sich für das 100 mm-Rohr ein Drehungsvermögen von 50° nach links ergibt.

Die Bestimmung des Brechungsindex des Rohöles geschah mit Hülfe des Pulfrich'schen Refractometers. Hierbei ergab sich:

$$n_D = 1,50624.$$

Die Elementaranalyse des zu diesen Versuchen benutzten frisch dargestellten Rohöles lieferte nachstehende Werthe:

$$\begin{aligned} 0,1764 \text{ g Substanz gaben } 0,5436 \text{ g CO}_2 \text{ entsprechend } 0,14825 \text{ g} &= 84,04 \text{ Proc. C} \\ \text{und } 0,1814 \text{ g H}_2\text{O} \text{ entsprechend } 0,020155 \text{ g} &= 11,42 \text{ Proc H.} \\ \text{C} &= 84,04 \text{ Proc.} \\ \text{H} &= 11,42 \text{ „} \end{aligned}$$

Diese Analyse führte zu einem höheren Kohlenstoffgehalt und höheren Wasserstoffgehalt, als frühere Analysen, die mit dem Rohöle ausgeführt waren, ergeben hatten. Zwei gelegentlich einer früheren Untersuchung über Angosturaalkaloide mit dem Rohöl ausgeführte Elementaranalysen hatten für C = 80,82 resp. 80,55 Proc. und für H = 10,66 Proc. ergeben. Sonach scheinen in dem früher untersuchten Rohöle bei Weitem mehr sauerstoffhaltige Bestandtheile enthalten gewesen zu sein, d. h. es wird vermuthlich mehr des weiter unten erwähnten Alkohols im Oele fertig gebildet vorgelegen haben, ein Umstand, den

man auch bei dem aus Cubeben gewonnenen Oele beobachten kann. Ein aus alten Cubeben hergestelltes Oel enthält als sauerstoffhaltigen Bestandtheil den Cubebenecampher, während ein aus jüngeren Cubeben isolirtes Cubebenöl im Wesentlichen aus Terpen besteht.

Bezüglich der weiteren Eigenschaften des Angosturarohöles sei noch erwähnt, dass es in den üblichen organischen Lösungsmitteln, wie Aether, Alkohol, Petroläther, Chloroform und Eisessig, leicht und klar löslich ist.

Sauerstoffhaltige Bestandtheile, wie Phenole, Aldehyde, Ketone und Säuren, konnten nicht im Rohöl ermittelt werden.

Versuche, das Rohöl durch fractionirte Destillation zu trennen.

Um eine Zersetzung des Oeles möglichst zu vermeiden, wurde das Rohöl zunächst unter vermindertem Druck destillirt. Hierbei wurden, abgesehen von einer geringen Menge Vorlauf, nachstehende Fractionen aufgefangen:

	Siedepunkt bei 92 mm	Procentgehalt an C	Procentgehalt an H
I.	180 — 190°	84,98	10,76
II.	190 — 200°	82,88	10,89

Fraction I. 0,1630 g Substanz gaben 0,5079 g CO₂ entsprechend 0,13852 g = 84,98 Proc. C und 0,1579 g H₂O = entsprechend 0,017544 g = 10,76 Proc. H.

Fraction II. 0,2093 g Substanz gaben 0,6361 g CO₂ entsprechend 0,17348 g = 82,88 Proc. C und 0,2052 g H₂O entsprechend 0,0228 g = 10,89 Proc. H.

Unterbricht man bei 200° die Destillation, so bleibt im Fractionirkölbchen ein dunkelbraunes zähflüssiges Oel zurück. Behandelt man diesen Rückstand mit kaltem Alkohol, so geht ein brauner öliger Antheil in den Alkohol, während ein gelbbrauner fester in Alkohol unlöslicher Antheil abgeschieden wird. Auffallend ist das Auftreten dieses in Alkohol unlöslichen Körpers, denn sowohl das Rohöl, als auch die unter den oben angegebenen Druckverhältnissen bis 200° übergegangenen Fractionen sind mit Alkohol in der Kälte sehr leicht mischbar. Auf diesen festen Körper, in dem vermuthlich ein Condensationsproduct respective ein Zersetzungsproduct irgend eines Oelantheiles vorliegt, und der auf keinen Fall in dem Oele schon fertig gebildet vorkommt, kommen wir später noch einmal zurück. Wird bei 200° die Destillation nicht unterbrochen, sondern unter dem erwähnten verminderten Drucke die Destillation fortgesetzt, so geht bis 220° noch eine ölige Fraction über, die dunkelbraun gefärbt ist, etwas nach Zersetzungsproducten riecht und mit Alkohol ohne Abscheidung des vorgenannten festen Körpers mischbar ist. Was schliesslich bei 220° nicht übergangt, ist nur ein verhältnissmässig geringer, aber stark zersetzter Antheil des Oeles.

Da bei den obigen Fractionen (Sdp. 180—190° und Sdp. 190—200°) die Analysen keine weiteren Schlüsse zuliessen, bei der Destillation selbst aber immer ein fortwährendes Steigen des Quecksilberfadens am Thermometer sich bemerkbar machte, so wurde die Fraction (Sdp. 180—190° bei 92 mm) von Neuem bei einem Drucke von 93 mm der Destillation unterworfen. Eine einheitlich siedende Fraction konnte jedoch so nicht erzielt werden, sondern die einzelnen Antheile gingen, ohne dass eine scharfe Trennung möglich war, innerhalb 183 und 201° über. Nicht viel günstiger verlief ein Versuch, die Fraction I (Sdp. 180—190° bei 92 mm) mittelst der Linnemann'schen Fractionsvorrichtung zu trennen. Es wurden hierbei bei einem Druck von etwa 100 mm nachstehende Fractionen aufgesammelt:

- I. Sdp. 165—190° (Hauptantheil 165—170°).
- II. Sdp. 190—198°
- III. Sdp. 199—203°

Nachdem diese wiederholte Destillation im Vacuum kein zufriedenstellendes Ergebniss geliefert, wurden die bei 100 mm Druck erhaltenen Fractionen I und II bei gewöhnlichem Drucke destillirt. Hierbei lieferte die Fraction I (Sdp. 165—190° bei 100 mm) neben einem bei 210—240° übergehenden Antheile ein schwach gelblich gefärbtes Destillat vom Sdp. 240—250°.

Die Analyse dieses Antheiles ergab folgende Werthe:

0,1692 g Substanz gaben 0,5170 g CO₂ entsprechend 0,1410 g = 83,33 Proc. C
und 0,1626 g H₂O entsprechend 0,018066 g = 10,67 Proc. H.

Die Fraction II (Sdp. 190—198° bei 100 mm) lieferte bei der Destillation unter gewöhnlichem Drucke ein Destillat vom Sdp. 255—267°, das bei nochmaliger Destillation neben einem bis 247° übergehenden geringen Antheil eine ziemlich helle ölige Fraction vom Sdp. 247—260° ergab.

Die Analyse dieses Productes führte zu nachstehenden Werthen:

0,1950 g Substanz gaben 0,6020 g CO₂ entsprechend 0,164182 g = 84,19 Proc. C
und 0,1992 g H₂O entsprechend 0,022133 g = 11,34 Proc. H.

Ebenso wenig wie es uns gelungen, aus der bei 92 mm erhaltenen Fraction 180—190° durch Destillation unter vermindertem und unter gewöhnlichem Drucke ein nur einigermaassen einheitlich siedendes Destillat zu erhalten, gelang es uns andererseits, aus der bei 92 mm gewonnenen zweiten Fraction 190—200° einen Antheil von bestimmtem Siedepunkte zu isoliren.

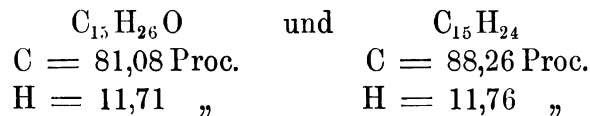
Nachdem die Versuche, unter vermindertem Drucke eine Trennung des Roholes in seine Bestandtheile zu erzielen, gescheitert waren, wurden weitere Versuche, das Oel zu trennen, bei gewöhnlichem Drucke angestellt. Hierbei ergab sich, dass ein mit Chlorcalcium längere Zeit behandeltes Oel, aus dem entschieden alle hygroskopische Feuchtigkeit entfernt sein musste, bei der Destillation immer noch Wasser abgab, was die Destillation sehr erschwerte. Ja wir beobach-

teten, dass ein Destillat, welches absolut frei sein musste von dem bei der erstmaligen Destillation auftretenden Wasser, bei jedesmaliger Destillation zunächst wieder Wasser abspaltete.

Ein derartiges, wiederholt bei gewöhnlichem Drucke destillirtes Product, welches ziemlich glatt innerhalb der Grade 265 und 270 übergang, lieferte bei der Elementaranalyse nachstehende Werthe:

0,2224 g Substanz gaben 0,6933 g CO₂ entsprechend 0,18908 g = 85,02 Proc. C
und 0,2306 g H₂O entsprechend 0,025622 g = 11,52 Proc. H.

Nachdem somit auch die wiederholte Destillation bei gewöhnlichem Drucke nicht zu dem gewünschten Ziele geführt, sondern vielmehr deutlich erkennen liess, dass durch wiederholte Destillation das Oel eine partielle Zersetzung durch die Abspaltung von Wasser erfährt, haben wir zur Trennung des Oeles eine einmalige Destillation bei gewöhnlichem Drucke angewendet. Hierzu wurden wir geführt durch die von E. Schmidt¹⁾ gemachte Beobachtung, dass ganz entwässertes Cubebenöl bei der Destillation stets Wasser abgiebt, was auf eine theilweise Spaltung des in dem Oele gelösten Hydrates, des sogenannten Cubebencamphers (C₁₅H₂₆O = C₁₅H₂₄ + H₂O) zurückzuführen ist. War bei dem Angosturarindenöl ein ähnlicher Umstand anzunehmen, so musste, vorausgesetzt, dass der sauerstoffhaltige Bestandtheil des Angosturarindenöles eine ähnliche hydratische Verbindung ist wie der Cubebencampher, die Analyse aller solcher Fractionen, bei denen eine Abspaltung von Wasser stattgefunden hat, kohlenstoffreichere Werthe ergeben, als es die Formel C₁₅H₂₆O verlangt. Hiermit stimmen aber alle bisher angeführten Analysenbefunde überein, denn dieselben stellen Mittelwerthe dar von den Formeln:



Wir haben deshalb, um eine Abspaltung von Wasser zu vermeiden, das Rohöl nur einer einmaligen Destillation unterworfen und dabei nachfolgende Fractionen aufgefangen. Das Rohöl war vor dem Destilliren durch längeres Stehen über Chlorcalcium von hygroskopischer Feuchtigkeit befreit.

Angewandtes Oel = 80 g.

I. Fraction bis 250°	gab	6 g	Oel	entsprechend	7,5 Proc.
II. „ 250—260°	„	8 g	„	„	10,0 „
III. „ 260—270°	„	30 g	„	„	37,5 „
IV. „ 270—280°	„	20 g	„	„	25,0 „
V. „ 280—285°	„	10 g	„	„	12,5 „
über 285° starke Zersetzung. Rückstand		6 g	„	„	7,5 „
				80 g	100,0 Proc.

¹⁾ E. Schmidt, Bericht der deutsch chem. Gesellsch. 10, 189.

Die erste Fraction ist verhältnissmässig gering, sie enthält eine kleine Menge eines Terpens, das sich durch wiederholtes Destilliren als ein wasserhelles, pinenartig riechendes, sehr leicht flüchtiges Product vom Sdp. 155—162° isoliren liess. Leider war es uns nicht möglich, bei der geringen Menge Substanz, in der wohl ziemlich sicher Pinen vorzuliegen schien, den Identitätsbeweis für diesen niedrig siedenden Antheil mit Pinen zu erbringen. Die Hauptmengen an Oel lieferten die Fractionen III und IV. Von diesen beiden Destillaten enthält, wie aus dem weiter unten Gesagten zu ersehen, die Fraction III den Alkohol $C_{15}H_{26}O$ von ziemlicher Reinheit, während die Analyse der Fraction IV, wie aus den nachstehend mitgetheilten Analysen ersichtlich wird, Mittelwerthe zu den Formeln $C_{15}H_{26}O$ und $C_{15}H_{24}$ liefert.

Analysen der bei einmaliger Destillation unter gewöhnlichem Drucke erhaltenen Fraction vom Sdp. 270—280°:

0,1628 g Substanz gaben 0,5058 g CO_2 entsprechend 0,13794 g = 84,73 Proc. C
und 0,1618 g H_2O entsprechend 0,017977 g = 11,04 Proc. H.

0,1644 g Substanz gaben 0,5068 g CO_2 entsprechend 0,13822 g = 84,08 Proc. C
und 0,1668 g H_2O entsprechend 0,01853 g = 11,27 Proc. H.

Dass die Trennung des Oeles in der oben geschilderten Weise durch einmalige Destillation bei gewöhnlichem Druck nicht immer so leicht gelingt und unter Umständen nur Gemische von Alkohol und Sesquiterpen ergibt, mögen die nachstehend verzeichneten Versuche beweisen.

Als eine neue Portion des Rohöles bei gewöhnlichem Druck destillirt wurde, ergab sich, abgesehen von einem Vorlauf, als erste Fraction eine hellgelb gefärbte Flüssigkeit vom Sdp. 265—269°. Die Analysen dieser Fraction, in der nach unseren gemachten Erfahrungen der Alkohol $C_{15}H_{26}O$ vorliegen musste, ergaben folgende Werthe, die nur auf Gemische von viel Sesquiterpen und wenig Alkohol hindeuten:

I. 0,1473 g Substanz gaben 0,4702 g CO_2 entsprechend 0,128236 g = 87,1 Proc. C
und 0,1422 g H_2O entsprechend 0,0158 g = 10,7 Proc. H.

II 0,1369 g Substanz gaben 0,4411 g CO_2 entsprechend 0,1203 g = 87,87 Proc. C
und 0,1274 g H_2O entsprechend 0,014155 g = 10,34 Proc. H.

Als zweite Fraction ergab sich eine hellgelbe Flüssigkeit vom Sdp. 269—270°, deren Analyse ebenfalls nur für ein Gemisch von Alkohol und Sesquiterpen spricht:

0,1702 g Substanz gaben 0,5292 g CO_2 entsprechend 0,14433 g = 84,8 Proc. C
und 0,1702 g H_2O entsprechend 0,01891 g = 11,1 Proc. H.

Als dritte Fraction wurde eine hellgelbe Flüssigkeit vom Sdp. 270 bis 278° aufgefangen, deren Analyse unterblieb, da, wie aus dem oben Mitgetheilten zu ersehen, in einer Fraction, die innerhalb 270 und 280° übergang, nur ein Gemisch von Alkohol und Terpen vorlag.

Als vierte Fraction wurde schliesslich ein dunkelgelbes Oel vom Sdp. 278—290° aufgesammelt, dessen Analyse gleichfalls nur auf ein Gemisch von Alkohol und Terpen hindeutet:

0,1340 g Substanz gaben 0,4200 g CO_2 entsprechend 0,11454 g = 85,48 Proc. C
und 0,1254 g H_2O entsprechend 0,013933 g = 10,39 Proc. H.

Der letzte, bei 290° noch übergelende Antheil wurde nicht analysirt, er bildete ein dickes, gelblichbraunes Oel.

Wie durch die angeführten Analysen zur Genüge bewiesen ist, war es uns bei der angeführten Destillation nicht gelungen, zu dem Alkohol $\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$ zu gelangen. Zu fast ganz denselben Ergebnissen führte die Destillation einer neuen Portion des Rohöles.

Aufgefangen wurden hierbei die Fractionen	258 — 260 $^\circ$
„	260 — 267 $^\circ$
„	267 — 272 $^\circ$
„	272 — 280 $^\circ$

Die Analyse der Fraction 260 — 267 $^\circ$, die in der Hauptsache bei 263 $^\circ$ übergelend, ergab Analysenwerthe, die für ein Gemisch von Alkohol und Terpen sprechen:

0,1595 g Substanz gaben 0,4991 g CO_2 entsprechend 0,13612 g = 85,34 Proc. C
und 0,1580 g H_2O entsprechend 0,01755 g = 11,0 Proc. H.

Die nächst höhere Fraction, vom Sdp. 267 — 270 $^\circ$, unterschied sich von den oben angeführten nur wenig in der Zusammensetzung, ist also auch als ein Gemisch anzusehen:

0,1499 g Substanz gaben 0,4706 g CO_2 entsprechend 0,12834 g = 85,62 Proc. C
und 0,1534 g H_2O entsprechend 0,017044 g = 11,3 Proc. H.

Die letzte, bei 272 — 280 $^\circ$ übergelende, etwas intensiver gelb gefärbte Fraction wurde nicht analysirt, da in dieser kaum der reine Alkohol enthalten sein konnte.

Erwähnt möge noch sein, dass, wenn man die Destillation bei 280 $^\circ$ unterbricht, im Destillationsgefäss ein dunkelbrauner, ziemlich dickflüssiger Oelrückstand hinterbleibt, der beim Eintragen in Alkohol unter theilweiser Lösung eines öligen Antheiles einen gelblichweissen amorphen Körper abscheidet, der mit dem oben schon erwähnten festen Producte identisch ist.

Trotzdem wir eine grosse Reihe von Destillationsversuchen angestellt haben, ist es uns bis jetzt noch nicht geglückt, einen Weg zu ermitteln, der uns glatt eine Trennung in Alkohol und Sesquiterpen gestattet. Die Abspaltung des Wassers aus dem Alkohol, den man analog dem Cubebencampher als hydratische Verbindung von der Formel $\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$ oder $(\text{C}_{15}\text{H}_{24} + \text{H}_2\text{O})$ ansehen muss, findet hier so leicht statt, dass eben nur unter ganz ausserordentlich günstigen Bedingungen die Isolirung desselben gelingt. Bis jetzt haben wir diese Bedingungen noch nicht ermitteln können, und dass wir bei den verschiedenen Fractionsversuchen eine verhältnissmässig recht grosse Menge des Alkohols isoliren konnten, haben wir wohl einem Zufall zu verdanken. Auf jeden Fall werden wir aber die Versuche in dieser Richtung fortsetzen, sobald uns neue Mengen von Material zur Verfügung stehen.

Der sauerstoffhaltige Bestandtheil des Angosturaöles.

Galipenalkohol, $C_{15}H_{26}O$.

Wie aus dem vorhergehenden Capitel zu ersehen, bietet die Isolirung dieses Alkohols in Folge seiner leichten Zersetzlichkeit vielerlei Schwierigkeiten. Derselbe spaltet so leicht Wasser ab, dass, wenn die Destillation nicht unter ganz aussergewöhnlich günstigen Verhältnissen erfolgt, man immer zu einem Gemenge von Alkohol und Terpen gelangen muss, was durch die zahlreich angeführten Analysen ja hinreichend bewiesen wird. Von den vielen zur Isolirung des Alkohols angestellten Versuchen gelang es uns nur ein einziges Mal, denselben zu fassen, und zwar erhielten wir ihn bei einmaliger Destillation des mit Chlorcalcium getrockneten Rohöles als Fraction vom Sdp. 260—270°. Die Hauptmenge dieser Fraction ging innerhalb der Grade 264—265° über. Das so gewonnene Product bildete eine gelblich gefärbte, verhältnissmässig leicht bewegliche ölige Flüssigkeit von eigenthümlich aromatischem Geruche. Dass in diesem bei der Destillation des Rohöles gewonnenen Fractionsantheile wirklich eine hydratische Verbindung von der Formel $C_{15}H_{26}O = C_{15}H_{24} + H_2O$ vorliegt, wird einerseits durch die nachstehenden Analysen, andererseits durch den Umstand bewiesen, dass der Alkohol durch Erhitzen mit Essigsäureanhydrid glatt in das Sesquiterpen, $C_{15}H_{24}$, überging.

Analysen der Fraction 260—270° (Hauptmenge 264—265°):

- I. 0,1838 g Substanz gaben 0,5486 g CO_2 entsprechend 0,14962 g = 81,4 Proc. C
und 0,1830 g H_2O entsprechend 0,02033 g = 11,06 Proc. H.
- II 0,1944 g Substanz gaben 0,5802 g CO_2 entsprechend 0,15823 g = 81,39 Proc. C
und 0,1938 g H_2O entsprechend 0,02153 g = 11,07 Proc. H.
- III. 0,1830 g Substanz gaben 0,5460 g CO_2 entsprechend 0,1489 g = 81,36 Proc. C
und 0,1810 g H_2O entsprechend 0,02011 g = 10,98 Proc. H.

Berechnet auf die Formel	Gefunden in Proc.		
$C_{15}H_{26}O$	I.	II.	III.
$C_{15} = 180 = 81,08$ Proc.	81,40	81,39	81,36
$H_{26} = 26 = 11,70$ „	11,06	11,07	10,98
$O = 16 = 7,21$ „	—	—	—
222	99,99 Proc.		

Berücksichtigt man, dass in dem untersuchten Alkohol kein Product von ganz einheitlichem Siedepunkte vorliegt, so kann man mit den gefundenen Analysenwerthen zufrieden sein, zumal ja ein weiterer Beleg für die Formel $C_{15}H_{26}O$ durch die Ueberführung des Alkohols in das Terpen, $C_{15}H_{24}$, gegeben ist.

Trotzdem wir schon im Rohöle die Abwesenheit von Aldehyden, Ketonen und Phenolen constatiren konnten, haben wir eine nochmalige Prüfung mit dem Alkohol angestellt. Hierbei konnten wir Nachfolgendes constatiren. Eine concentrirte Lösung von saurem schwefligsaurem

Natrium reagirt nicht auf das Oel vom Sdp. 260—270°. Durch dasselbe Oel wurde eine mit schwefliger Säure entfärbte Fuchsinlösung nicht geröthet, eine ammoniakalische Silberlösung nicht reducirt. Ohne Erfolg erwies sich auch die Einwirkung von Hydroxylamin sowie von Phenylhydrazin, so dass hierdurch nochmals die Abwesenheit von Aldehyden und Ketonen dargethan ist.

Der von uns gewonnene Alkohol bildet ein gelblich bis gelblich-braun gefärbtes Oel, das nicht mehr den dem Rohöle eigenthümlichen Geruch besitzt. Beim längeren Stehen bleibt das Oel nicht ganz klar, so dass man vielleicht geneigt sein könnte, eine partielle Abspaltung von Wasser aus dem Alkohol schon in der Kälte anzunehmen. Dass jedoch beim längeren Stehen der Alkohol in seiner Zusammensetzung keine wesentliche Aenderung erfährt, beweist die obige Analyse III, die mit dem Alkohol ausgeführt ist, nachdem er längere Zeit gestanden hatte.

In den üblichen Lösungsmitteln ist der Alkohol leicht löslich. Das specifische Gewicht ergab sich zu

$$s = 0,9270 \text{ bei } 20^{\circ} \text{ C.}$$

Besonders charakteristisch für den Alkohol ist, dass er im Polarisationsapparate keinerlei Drehung erkennen lässt.

Der mit Hülfe des Pulfrich'schen Refractometers ermittelte Brechungsindex lieferte die Zahl

$$n_D = 1,50624.$$

Da wir vorläufig, um den Charakter des Alkohols festzustellen, viel Material zu negativ verlaufenden Versuchen verwenden mussten, und uns bisher eine glatte Isolirungsmethode des Alkohols noch nicht gelungen ist, so haben wir vor der Hand nur orientirende Versuche mit dem Alkohol behufs Gewinnung von Derivaten anstellen können. Beispielsweise reagirt der Alkohol, wenn er in vollständig wasserfreiem Aether mit der berechneten Menge Phosphorpentachlorid behufs Ueberführung des Alkohols in ein Chlorid gelinde auf dem Wasserbade erwärmt wird, indem ein dunkelschwarzes öliges Product entsteht. Nach Beseitigung des gebildeten Phosphoroxychlorides wurde das Oel mit Wasserdampf destillirt und lieferte so ein helles, angenehm riechendes chlorhaltiges Oel, auf dessen Analyse wir vorläufig wegen unzureichender Substanzmengen verzichten mussten. Ein weiterer Vorversuch scheint ferner die Bildung eines Salpetersäureesters bei Einwirkung von rauchender Salpetersäure auf den Alkohol zu bestätigen.

Das Sesquiterpen des Angosturarindenöles,

(Galipen, $C_{15}H_{24}$.)

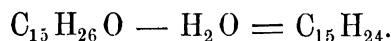
Wie die Analysen der unter den verschiedensten Bedingungen gewonnenen Fractionen des Angosturarohöles es lehren, scheint in dem Rohöl neben dem oben erwähnten sauerstoffhaltigen Bestandtheile,

dem Galipenalkohol, in der Hauptsache ein Sesquiterpen von der Formel $C_{15}H_{24}$ enthalten zu sein. Anfangs gingen wir behufs Darstellung des Terpens von dem erwähnten Alkohol aus und erhitzen diesen mit überschüssigem Essigsäureanhydrid im geschlossenen Rohre circa drei bis vier Stunden auf circa 170° . Später haben wir die verschiedensten Fractionen innerhalb der Grade $250 - 280^{\circ}$ zur Gewinnung des Sesquiterpens benutzt und zwar mit ebenso günstigem Erfolge, als wenn wir vom reinen Alkohol ausgingen. Eigenthümlich hierbei ist, dass manche Antheile der Fractionen sich mit Essigsäureanhydrid mischen lassen, während bei anderen wieder eine leicht ölige Schicht auf dem Essigsäureanhydrid schwimmt. Es scheint, als wenn der grössere oder geringere Gehalt an schon fertig gebildetem Sesquiterpen in den einzelnen Fractionen die Veranlassung hierzu giebt, denn nach dem Erhitzen der verschiedensten Fractionen mit Essigsäureanhydrid, unter den oben angegebenen Bedingungen, schwamm immer eine reichliche Menge eines leichten Oeles auf der Essigsäure bzw. dem Anhydrid derselben. Die Farbe dieses Oeles war meist hellgelb, während die Essigsäureschicht dunkler gefärbt erschien. In zwei vereinzelt Fällen war, trotzdem die oben erwähnte Temperatur nicht überschritten war, der Rohrinhalt ziemlich dunkelblau bis violett gefärbt. Die einzige Möglichkeit, die eine Erklärung für diese ziemlich intensive Färbung bietet, wäre darin zu suchen, dass das Essigsäureanhydrid, das in den beiden Fällen angewandt worden war, eine geringe Menge freier Salzsäure enthalten hätte, denn wie aus dem weiter unten Angeführten ersichtlich wird, giebt das Sesquiterpen mit den Halogenwasserstoffsäuren ziemlich intensive violette bzw. blaue Färbungen.

Zur Reinigung wird das Sesquiterpen so lange mit Wasser, event. unter Zusatz von etwas Sodalösung, gewaschen, bis das abfliessende Waschwasser blaues Lackmuspapier nicht mehr röthet. Alsdann trennt man das Oel von der wässerigen Flüssigkeit und trocknet es nach dem Verdünnen mit Aether mittelst Chlorcalcium. Schliesslich wird nach dem Abdunsten des Aethers das Oel bei gewöhnlichem Druck destillirt. Hierbei machte sich bei den verschiedensten zur Darstellung des Sesquiterpens eingeschlagenen Versuchen eine sehr auffällige Erscheinung bemerkbar. Das selbst wiederholt destillirte Terpen zeigte fast immer mehr oder weniger stark ausgesprochene saure Reaction, ein Umstand, der absolut unvereinbar war mit den Eigenschaften eines Terpens. Diese saure Reaction war aber um so auffällender, als immer besondere Aufmerksamkeit darauf verwendet wurde, dass das beim Waschen des Terpens abfliessende Wasser absolut neutrale Reaction zeigte. Selbst als das Sesquiterpen über metallischem Natrium destillirt wurde, konnte die saure Reaction nicht zum Verschwinden gebracht werden. Schliesslich entdeckten wir, dass es geringe Mengen von Essigsäureanhydrid bzw. Essigsäure waren, die trotz der

grossen Differenzen ihrer Siedepunkte mit dem des Sesquiterpens sich durch fractionirte Destillation nicht beseitigen liessen. Endlich gelang es uns durch ganz vorsichtiges zeitweises Erhitzen des Oeles auf höchstens 170°, nach und nach diese sauren Antheile zu beseitigen. Bei starker Wärmezufuhr lässt sich die saure Beimengung selbst bei Benutzung einer Linnemann'schen Fractionirvorrichtung nicht entfernen, der Quecksilberfaden des Thermometers steigt rasch und die sauren Bestandtheile werden von dem Oele mit übergeführt. Schlägt man aber das eben geschilderte Verfahren ein und erwärmt nur von Zeit zu Zeit, so beobachtet man deutlich, wie schon über 110° allmählich ein wasserklarer, sehr dünnflüssiger, stark sauer reagirender Körper übergeht. So erhält man aber, wenn schliesslich auch sehr mühsam, ein von allen sauren Beimengungen vollständig befreites, absolut neutral reagirendes Sesquiterpen. Dasselbe bildet ein schwach hellgelb gefärbtes Oel vom Sdp. 256—260°. Die Hauptmenge des Oeles geht über innerhalb 258 und 259°. Neben dieser Fraction, in der entschieden das reine Sesquiterpen vorliegt, erhielten wir immer noch einen nicht unbedeutlichen Theil einer Fraction vom Sdp. 260 bis 265°, die in einem besonderen Falle sich durch einen grünlichen Schimmer auszeichnete. Auf diesen höher siedenden Antheil, dessen Hauptmenge ziemlich glatt bei 263° übergang, werden wir weiter unten nochmals zurückkommen.

Dass in der Fraction vom Sdp. 256—260° ein Sesquiterpen, $C_{15}H_{24}$, vorliegt, dessen Bildung gemäss der nachstehenden Gleichung aus dem sauerstoffhaltigen Bestandtheile des Angosturaöles bei der Einwirkung von Essigsäureanhydrid zu erklären ist, wird durch die nachstehend angeführten Analysen bestätigt:



- I. 0,1676 g Substanz gaben 0,5396 g CO_2 entsprechend 0,14716 g = 87,80 Proc C und 0,1698 g H_2O entsprechend 0,018866 g = 11,25 Proc. H.
 II. 0,1851 g Substanz gaben 0,5971 g CO_2 entsprechend 0,162845 g = 87,98 Proc. C und 0,1885 g H_2O entsprechend 0,020944 g = 11,31 Proc H.
 III. 0,1610 g Substanz gaben 0,5214 g CO_2 entsprechend 0,1422 g = 88,32 Proc C und 0,1655 g H_2O entsprechend 0,0184 g = 11,43 Proc. H.

Berechnet auf die Formel	Gefunden in Proc.		
	I.	II.	III.
$C_{15}H_{24}$			
$C_{15} = 180 = 88,24$ Proc.	87,80	87,98	88,32
$H_{24} = 24 = 11,76$ „	11,25	11,31	11,43
204	100,0 Proc.		

Das Destillat vom Sdp. 256—260° stellt somit ein reines Sesquiterpen dar. Die Differenzen, die bei den Analysen I und II im Wasserstoffgehalt sich ergeben, finden darin ihre Erklärung, dass hier Producte zur Elementaranalyse verwendet wurden, die immer noch eine Spur von sauren Bestandtheilen enthielten. Das reine Terpen bildet eine helle Flüssigkeit, die einen ganz schwachen Stich ins Gelbliche besitzt, dünn-

flüssiger ist als das Angosturaöl und bei Weitem nicht mehr so stark riecht wie das Rohöl. Das specifische Gewicht beträgt

$$0,9110 \text{ bei } 20^{\circ} \text{ C.}$$

Mit dem Wild'schen Polaristrobometer ergab sich das optische Drehungsvermögen für 100 mm 18° nach *rechts*, bei 20 mm Säulenlänge $3^{\circ} 36'$, so dass sich hieraus für 100 mm eine Ablenkung von 18° nach *rechts* ergibt. Als Lichtquelle diente auch hier eine Natriumflamme.

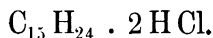
Der Brechungsindex des Sesquiterpens, der mittelst des Pulfrich'schen Refractometers festgestellt wurde, ergab den Werth

$$n_D = 1,50374.$$

In den üblichen organischen Lösungsmitteln ist dasselbe mit Ausnahme von Eisessig löslich.

Um das Sesquiterpen der Angosturarinde mit anderen bereits bekannten Sesquiterpenen zu vergleichen, wurden einige charakteristische Verbindungen dargestellt.

Chlorwasserstoffadditionsproduct des Galipens.



Fügt man zu dem reinen Sesquiterpen vom Sdp. $256-260^{\circ}$ Eisessig, der mit Chlorwasserstoff gesättigt ist, so tritt anfangs keine Mischung der beiden Flüssigkeitsschichten ein, sondern an der Berührungsstelle beobachtet man nur eine kirschrothe Zone. Sehr bald jedoch färbt sich die obere Flüssigkeitsschicht schön violett, die untere dunkel kirschroth, und nach und nach verschwindet, zumal beim Schütteln, die Trennung der beiden Flüssigkeitsschichten zum Theil. Es ist auffallend, dass bei der Darstellung dieses Chlorhydrates nach einer Zeit immer noch eine theilweise Trennung der Flüssigkeitsschichten zu beobachten ist, während bei der analogen Darstellung des Bromhydrates nach Ablauf derselben Zeit eine gleichmässige Mischung eingetreten ist. Schliesslich nach mehrtägigem Stehen ist die Mischung der beiden Flüssigkeiten unter violetter Färbung erfolgt, und es beginnt allmählich die Abscheidung von Krystallnadeln, die beim längeren Stehen bis zu einem gewissen Grade zunimmt. Zur Isolirung des Chlorhydrates filtrirt man die Krystalle ab und wäscht so lange mit kaltem Eisessig nach, bis die intensive Färbung des Filtrats vollständig verschwunden ist, und der abfliessende Eisessig völlig farblos ist. Die so gewonnenen Krystalle enthielten immer bei den verschiedensten Darstellungen etwas ölige Beimengungen, die durch alles Auswaschen mit Eisessig sich nicht beseitigen lassen. Da in Folge der sehr leichten Löslichkeit bzw. Zersetzlichkeit des Chlorhydrates ein Umkrystallisiren sich als unzweckmässig erwies, haben wir durch Waschen mit wenig kaltem Essigäther das krystallinische Chlorhydrat von dem

öiligen Nebenproducte befreit. Auf diese Weise erhielten wir wasserhelle, sehr schön ausgebildete Prismen, die unter dem Mikroskop vollständig einheitlich erschienen. Der Schmelzpunkt wurde zu 114 — 115° gefunden.

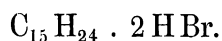
0,2110 g Substanz gaben 0,2160 g Ag Cl entsprechend 0,053436 g = 25,31 Proc. Cl.

Die Formel $C_{15}H_{24} \cdot 2 HCl$
verlangt
25,63 Proc. Cl.

Gefunden
25,31 Proc

Als das Sesquiterpen, in Eisessig gelöst, mit einer wässerigen, rauchenden Salzsäure längere Zeit unter öfterem Schütteln stehen blieb, konnten nur geringe Mengen des krystallisirten Chlorhydrates gewonnen werden. Ebenso wenig günstig verlief auch die sonst allgemein übliche Methode zur Darstellung der Chlorwasserstoffadditionsproducte der Sesquiterpene, das Einleiten von trockenem Chlorwasserstoff in die ätherische Lösung des Sesquiterpens. Hierbei wurde als Reactionsproduct neben wenig des festen Chlorhydrates in der Hauptsache ein Oel gewonnen. Vielleicht liegt hier ein Chlorhydrat von anderer Zusammensetzung vor, welches beispielsweise durch Anlage von 1 Mol. HCl an das Terpen entstanden sein könnte und event. identisch wäre mit der öiligen Beimengung, von der wir oben gesprochen haben. Auf jeden Fall ergibt sich aus der oben angeführten Analyse, dass das Galipen ein Chlorwasserstoffadditionsproduct giebt, das in seiner Zusammensetzung den Chlorwasserstoffadditionsproducten der übrigen bekannten Sesquiterpene analog zusammengesetzt ist.

Bromwasserstoffadditionsproduct des Galipens.



Bringt man das reine Galipen vom Sdp. 256 — 260° mit Eisessig-Bromwasserstoff zusammen, so entsteht an der Berührungsfäche eine rothe Zone. Sehr bald färbt sich die oben ölige Flüssigkeitsschicht schön carminroth, allmählich dunkel kirschroth, und nach und nach verschwindet die Trennung der beiden Flüssigkeitsschichten. Ueberlässt man das Ganze sich selbst, so ist anfangs eine gelinde Erwärmung zu beobachten, die bei der Einwirkung von Eisessig-Chlorwasserstoff auf das Sesquiterpen nicht constatirt werden konnte. Wiederholtes Schütteln bedingt eine schnellere Vereinigung der beiden Flüssigkeitsschichten. Schliesslich beobachtet man nach circa ein- bis zweitägigem Stehen die Abscheidung von Krystallnadeln. Dieselben werden abfiltrirt und so lange mit Eisessig gewaschen, bis die Nadeln und der abfliessende Eisessig nicht mehr gefärbt erscheinen. Event. kleine Verunreinigungen lassen sich durch vorsichtiges Abspülen der Krystalle mit kaltem Essigäther beseitigen. Auf diese Weise resultirt

das Bromwasserstoffadditionsproduct in Form von wasserhellen glänzenden, prismatischen Nadeln vom Smp. 123°. Lässt man das Eisessigfiltrat von den Krystallen in flacher Schicht verdunsten, so beginnt nach längerem Stehen eine abermalige Abscheidung des Bromhydrates, dessen Menge aber bei anhaltendem Stehen wieder abnimmt. Hierbei macht sich noch ein Umschlag der anfangs kirschrothen Färbung der Flüssigkeit in eine indigblaue bemerkbar.

I. 0,2424 g Substanz gaben 0,2485 g Ag Br entsprechend 0,10575 g = 43,62 Proc. Br.
 II. 0,3456 g Substanz gaben 0,3537 g Ag Br entsprechend 0,15051 g = 43,51 Proc. Br.

Die Formel $C_{15}H_{24} \cdot 2HBr$	Gefunden in Proc.
verlangt	I. II.
43,72 Proc. Br.	43,62 43,51

Die Analysen beweisen, dass das Bromwasserstoffadditionsproduct nach der Formel $C_{15}H_{26}Br_2$ zusammengesetzt ist.

Durch Einwirkung von Eisessig-Jodwasserstoff auf das Sesquiterpen zu einem analog constituirten Jodwasserstoffadditionsproduct zu gelangen, ist uns bisher noch nicht gelungen. Eine Abscheidung von Krystallen fand nicht statt, im Uebrigen gelang es uns nur, zu einem tief-schwarzen öligen Reactionsproduct zu kommen, auf dessen Analyse wir angesichts einer mangelnden Reinigungsmethode verzichteten. Auch durch wiederholtes Schütteln und längeres Stehenlassen des in wenig Eisessig gelösten Terpens mit einer concentrirten wässerigen Jodwasserstoffsäure konnte kein besseres Resultat erzielt werden.

Vergleich des Sesquiterpens, Sdp. 256—260°, mit den bisher bekannten Sesquiterpenen.

Die Anzahl der bisher bekannten Sesquiterpene ist verhältnissmässig gering, wie aus nachstehender Tabelle ersichtlich ist.

Wir haben zur besseren Vergleichung dieselben nachstehend nach ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften tabellarisch zusammengestellt, soweit uns Angaben aus der Literatur zur Verfügung standen.

Siedepunkt	Cadinen 274—275°	Caryophyllen 258—260°	Cloren 261—263°	Humulen 263—266°	Cedren 237°
Spec. Gewicht . .	0,918 bei 20°	0,9085 bei 15°	0,930 bei 18°	0,9001 bei 20°	—
Optische Activität	$[\alpha]_D = -98,56^\circ$	activ	—	—	$[\alpha]_D = -47,054'$
Brechungsindex .	1,50647	1,50094	1,50066	—	—
Chlorwasserstoff- additionsproduct	Smp. 117—118°	flussig	—	—	—
Bromwasserstoff- additionsproduct	Smp. 124—125°	flussig	—	—	—

Siedepunkt	Cubeben 220°	Leden 255°	Patchoulen 254—256°	Terpen aus Guajol 124—128° bei 13 mm	Galipen 256—260°
Spec. Gewicht . .	0,915 bei 15°	—	0,939 bei 23°	0,910 bei 20°	0,9110 bei 20°
Optische Activität	$[\alpha]_D = -39,15^\circ$	—	—	—	$[\alpha]_D = +18^\circ$
Brechungsindex .	—	—	1,50094	1,50114	1,50374
Chlorwasserstoff- additionsproduct	Smp. 120—125°	—	—	—	Smp. 114—115°
Bromwasserstoff- additionsproduct	—	—	—	—	Smp. 123°

Von den angeführten Sesquiterpenen hat das Caryophyllen wohl die meiste Aehnlichkeit mit unserem aus dem Angosturaöl isolirten Galipen. Es sei aber bemerkt, dass die für das Caryophyllen gemachten Angaben sich auf das unreine Caryophyllen beziehen, wie dasselbe durch fractionirte Destillation des Nelkenöles erhalten wird. Was jedoch gegen eine Identität dieser beiden Terpene spricht, ist der verschiedene Aggregatzustand der Chlor- bzw. Bromwasserstoffadditionsproducte. Bei den übrigen in der Tabelle angeführten Sesquiterpenen ist wohl kaum auf Grund der Verschiedenheit der Siedepunkte eine Identität mit dem von uns vorläufig mit einigem Vorbehalt als „Galipen“ bezeichneten Sesquiterpen anzunehmen.

Der bei der Gewinnung des Sesquiterpens gewonnene Antheil vom Siedepunkte 260—265°.

Bei der wiederholten Darstellung des Sesquiterpens ergab sich immer ein nicht unwesentlicher Antheil, der bei der fractionirten Destillation innerhalb der Grade 260 und 265 überging. In einem besonderen Falle war diese Fraction eigenthümlich grün gefärbt. Wir haben deshalb diesen Antheil für sich untersucht, doch spricht die Zusammensetzung, wie aus der nachstehenden Elementaranalyse ersichtlich wird, für ein Terpen.

0,1581 g Substanz gaben 0,5096 g CO₂, entsprechend 0,138982 g = 87,90 Proc. C
und 0,1652 g H₂O entsprechend 0,018355 g = 11,60 Proc. H.

Da nach der Analyse auch in der Fraction vom Sdp. 260—265° nur Sesquiterpen vorliegen konnte, denn ein solches verlangt 88,24 Proc. C und 11,76 Proc. H, so haben wir zur weiteren Bestätigung das Bromwasserstoffadditionsproduct dargestellt. Dasselbe bildet schöne weisse Krystallnadeln vom Smp. 124°. Für die grünliche Farbe dieser Fraction vom Sdp. 260—265° haben wir bisher keine genügende Erklärung.

Der beim Destilliren des Rohöles sich bildende feste Körper.

Wie aus den vorhergehenden Capiteln zu ersehen ist, bildet sich der feste Körper, wenn man beim Destilliren des Rohöles die Tempe-

ratur von 280° nicht überschreitet oder bei der Destillation des Rohöles bei 92 mm Druck, wenn man das Destillat nur bis 200° auffängt. Der feste Körper ergibt sich dann aus dem Destillationsrückstande, wenn man denselben wiederholt mit kaltem Alkohol kräftig schüttelt. Hierbei geht ein dunkelbrauner öliger Antheil in den Alkohol ein, während der feste Körper im Alkohol suspendirt bleibt. Nach dem Sammeln und Trocknen bildet derselbe einen schmutzig gelben bis gelblichweissen amorphen Körper, der beim Zerreiben stark elektrisch wird. In kaltem Alkohol ist der Körper unlöslich, leicht löslich dagegen in Essigäther, Aether und Ligroin, theilweise löslich in Eisessig. Eine Reinigung des Körpers durch Krystallisation oder durch Ausfällen aus einer geeigneten Lösung ist uns bisher nicht geglückt. Wir haben daher vorläufig denselben ohne weitere Reinigung zur Elementaranalyse verwenden müssen. Einen einheitlichen Schmelzpunkt hat derselbe nicht. Er zersetzt sich zwischen 110 und 120° unter Bräunung resp. Schwärzung und schmilzt dann zwischen 130 und 140° zu einer dunklen Flüssigkeit zusammen.

I. 0,1417 g Substanz gaben 0,4222 g CO_2 entsprechend 0,115145 g = 81,25 Proc. C
und 0,1252 g H_2O entsprechend 0,013911 g = 9,81 Proc. H.

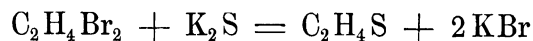
II. 0,1369 g Substanz gaben 0,4081 g CO_2 entsprechend 0,11130 g = 81,30 Proc. C
und 0,1204 g H_2O entsprechend 0,013377 g = 9,77 Proc. H.

Diese Analysenwerthe lassen vorläufig keinen sicheren Schluss auf irgend welche Formel machen. Das einzige, was man, so lange weitere Anhaltspunkte für die Constitution dieses festen Körpers fehlen, mit Sicherheit annehmen darf, ist die Thatsache, dass in dem festen Körper ein sauerstoffhaltiger Körper enthalten sein muss, der bei Einhaltung gewisser Bedingungen bei der Destillation des Rohöles vermuthlich aus dem sauerstoffhaltigen Bestandtheile des Oeles, dem Galipenalkohol, entsteht.

Nach alle dem hier Mitgetheilten ist wohl mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, dass in dem Angosturarindenöl ein Gemisch von einem Sesquiterpen (Galipen) und einem Sesquiterpenalkohol (Galipenalkohol) vorliegt, dessen Trennung, wie aus den oben angeführten Versuchen ersichtlich wird, ziemliche Schwierigkeiten bereitet. Auffallend ist an dem Oele das Drehungsvermögen. Das Rohöl dreht stark links, der Alkohol zeigt kein Drehungsvermögen, während das aus dem Alkohol gewonnene Terpen schwach rechts dreht. Es ist daher wohl die Annahme zu machen, dass bei der Isolirung des Sesquiterpens aus dem Rohöle eine Inversion eingetreten ist, und dass vielleicht das in dem Rohöle enthaltene Terpen ein anderes Drehungsvermögen besitzt als das mittelst Essigsäureanhydrid gewonnene Terpen.

ÜBER DIE EINWIRKUNG
VON
ALKOHOLISCHEM KALIUMSULFID
UND
ALKOHOLISCHEM KALIUMSULFHYDRAT
AUF
SYMMETRISCHE DIBROMSUBSTITUTE
VON
S U L F O N E N.
VON
J. TROEGER.

Während die Darstellung von Sulfiden, bei denen das zweiwerthige Schwefelatom an zwei einwerthige Alkoholradicale gebunden ist, leicht zu bewerkstelligen ist, stösst man bei der Darstellung von Sulfiden von der allgemeinen Formel $C_nH_{2n}S$, wie ein Einblick in die Literatur sofort erkennen lässt, auf vielerlei Schwierigkeiten. Schon der erste Repräsentant derartiger Sulfide, das Aethylensulfid, C_2H_4S , ist nur in seinen polymeren Formen bekannt. Ein Gleiches ist von den zwei Propylensulfiden, dem 1,2-Thiopropen und dem 1,3-Thiopropen, anzunehmen, für die in der Literatur sich Formeln angegeben finden, die Tripolymere der einfachen Sulfide darstellen. Dass bei der Umsetzung von Aethylenbromid mit alkoholischem oder wässerigem Schwefelkalium der Process sich nicht einfach gemäss der Gleichung



abspielt, haben die verschiedenen Arbeiten gezeigt, die über diese Reaction von Crafts¹⁾, Mansfeld²⁾, Masson³⁾ und V. Meyer⁴⁾ ausgeführt sind.

In einer von mir gemeinsam mit A. Hinze⁵⁾ veröffentlichten Arbeit über das additionelle Verhalten der ungesättigten Sulfone gegenüber Halogen ist auch die Umsetzung der Dibromadditionsproducte der ungesättigten Sulfone mit Wasser experimentell geprüft und hierbei erkannt worden, dass entweder Glycole oder äthylenoxydartige Verbindungen gebildet werden. Ueber das Verhalten dieser erwähnten Dibromide gegenüber alkoholischem Kaliumsulfid und alkoholischem Kaliumsulfhydrat soll in der nachstehenden Abhandlung berichtet werden. Die Einwirkung von Kaliumsulfid müsste, wenn keine secundären Prozesse sich hierbei abspielen, im Sinne der nachstehenden Gleichung verlaufen:

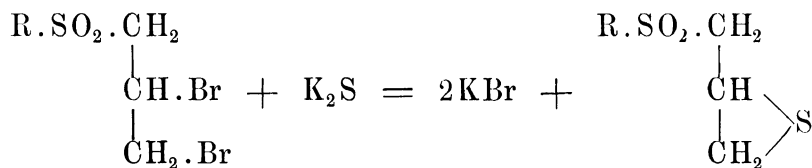
1) Crafts, Ann. 124, 110 und 128, 120.

2) Mansfeld, Ber. 19, 697.

3) Masson, Soc. 49, 238.

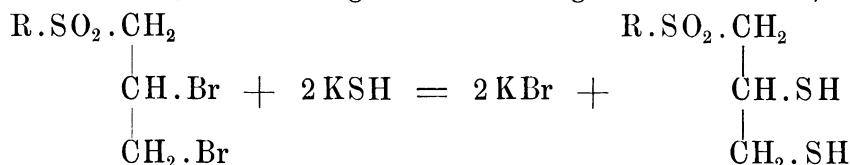
4) V. Meyer, Ber. 19, 3262.

5) J. Troger und A. Hinze, J. pr. Ch. 55, 202.



und zu Sulfonderivaten von Thioäthern führen.

Bei der Einwirkung von alkoholischem Kaliumsulfhydrat auf die Dibromide waren, wie aus folgender Gleichung ersichtlich wird,



Sulfonderivate von Dithiolen oder Thioglycolen zu erwarten. Die im experimentellen Theile dieser Arbeit ausgeführten Versuche zeigen, dass die Sulfonderivate der Thioäther sowohl als auch der Thioglycole nach obigen Gleichungen sich bilden, dass aber die Reindarstellung der Thioglycole schwer zu bewerkstelligen ist, was leicht verständlich erscheint, wenn man berücksichtigt, dass, wie Klason¹⁾ bereits gezeigt hat, das zur Bildung von Mercaptanen nöthige Kaliumsulfhydrat leicht in Kaliumsulfid und Schwefelwasserstoff zerfällt und somit Veranlassung zu secundären Processen geboten wird.

Phenylallylsulfondibromid und alkoholisches Kaliumsulfid.

Der erste Versuch, bei dem das erwähnte Dibromid²⁾ mit einer alkoholischen Kaliumsulfidlösung bei gewöhnlicher Temperatur über Nacht gestanden hatte, liess eine deutliche Reaction erkennen und führte nach dem Verdünnen der alkoholischen Flüssigkeit mit Wasser zu einem Producte, das nach dem Umkrystallisiren aus Alkohol einen wohlcharakterisirten Körper vom Schmelzpunkt 157 bis 158° darstellte. Als aber weitere Versuche in dieser Richtung angestellt wurden, zeigte es sich, dass der erwähnte Körper entweder gar nicht oder nur in sehr geringer Menge gebildet war. Durch eine grosse Reihe von systematisch ausgeführten Versuchen ergab sich, dass die Concentration und die Menge der alkoholischen Kaliumsulfidlösung wichtige Factoren für das Gelingen der Reaction sind. Wurde beispielsweise 1 g Bromid mit 2 ccm Alkohol und 3 ccm einer möglichst concentrirten Kaliumsulfidlösung in der oben angedeuteten Weise behandelt, so resultirten fast durchweg ölige resp. klebrige Producte. Schon bessere Resultate wurden erzielt, wenn zu dem erwähnten Gemisch eine neue Menge Kaliumsulfid hinzugefügt wurde und das Ganze längere Zeit stehen

¹⁾ Klason, Ber. 20, 3408.

²⁾ Ueber dessen Darstellung vergl. R. Otto, Ann. 283, 188.

blieb. Zu gleichfalls klebrigen Producten führten Versuche, bei denen Bromid und Kaliumsulfid in der Theorie entsprechenden Mengen auf dem Wasserbade gelinde erwärmt wurden. Durch fortwährende Modification der Versuchsbedingungen wurde schliesslich erkannt, dass einerseits eine möglichst concentrirte Kaliumsulfidlösung¹⁾, andererseits ein grosser Ueberschuss derselben die günstigsten Bedingungen für einen möglichst gleichmässig verlaufenden Process bieten. Die besten Ausbeuten wurden erhalten, wenn man das nachstehend beschriebene Verfahren anwendet, doch sind auch hierbei geringe Mengen von klebrigen Beimengungen nicht ausgeschlossen, die von dem Reactionsproducte nach dem Ausfällen desselben mit Wasser, am besten mechanisch getrennt werden.

Kleine Portionen des Bromides (1 bis 2 g) werden nach dem Pulverisiren im Becherglase mit 5 bis 10 ccm Alkohol angefeuchtet und dann eine mindestens ebenso grosse Menge einer möglichst concentrirten Kaliumsulfidlösung in zwei Antheilen hinzugefügt (ein grösserer Ueberschuss der Kaliumsulfidlösung wirkt bei dem Prozesse nicht nachtheilig). Schon sehr bald nach dem Zufügen der Kaliumsulfidlösung beginnt an der oberen Schicht des Bromides eine Umsetzung, die sich durch eine röthliche Färbung zu erkennen giebt. Eine gleichmässige Einwirkung kann durch wiederholtes Umschwenken resp. Umrühren bewirkt werden. Bereits nach Ablauf einer Stunde beginnt an der Oberfläche der Flüssigkeit die Ausscheidung von Krystallblättchen, die beim weiteren Stehen sich vermehrt. Nach circa 16stündigem Stehen wird mit Wasser verdünnt und der in Wasser unlösliche Antheil nach dem Filtriren und Trocknen aus Alkohol umkrystallisirt, eventuell unter Zusatz von etwas Thierkohle. Auf diese Weise erhält man das Reactionsproduct in Form von seidenglänzenden kleinen Blättchen, die bei 157 bis 158° schmelzen. Dieselben sind löslich in Essigäther, warmem Eisessig und Alkohol, schwer löslich in Aether, unlöslich in Petroleumäther.

Die Elementaranalyse ergab nachstehende Werthe:

I. 0,1930 g Substanz gaben 0,3460 g CO₂ entsprechend 0,094363 g C = 48,8 Proc. C und 0,0750 g H₂O entsprechend 0,00833 g H = 4,3 Proc. H.

II. 0,2030 g Substanz gaben 0,3610 g CO₂ entsprechend 0,098454 g C = 48,5 Proc. C und 0,0860 g H₂O entsprechend 0,00955 g H = 4,7 Proc. H.

III. 0,2090 g Substanz gaben 0,3745 g CO₂ entsprechend 0,10213 g C = 48,8 Proc. C und 0,0840 g H₂O entsprechend 0,00933 g H = 4,5 Proc. H.

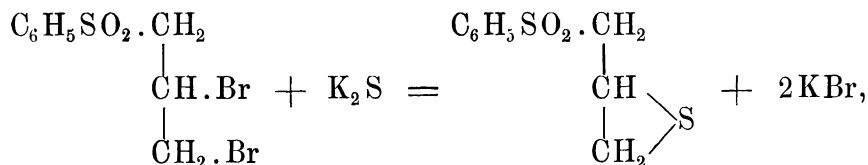
IV. 0,1935 g Substanz gaben 0,3462 g CO₂ entsprechend 0,09442 g C = 48,8 Proc. C und 0,0770 g H₂O entsprechend 0,00855 g H = 4,4 Proc. H.

¹⁾ Bei den meisten Versuchen wurden alkoholische Kaliumsulfidlösungen verwendet, die auf 1 ccm mindestens 0,225 g K₂S enthielten.

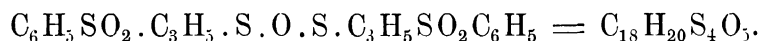
V. 0,3100 g Substanz gaben 0,6345 g BaSO₄ entsprechend 0,087141 g S = 28,1 Proc. S.

VI. 0,3187 g Substanz gaben 0,6615 g BaSO₄ entsprechend 0,09085 g S = 28,5 Proc. S.

Vorstehende Analysen, die mit Producten verschiedener Darstellung ausgeführt sind, zeigen, dass der Process nicht im Sinne der nachstehenden Gleichung verlaufen sein kann:



denn sonst hätte ja die Verbindung C₆H₅SO₂·C₃H₅S gebildet werden müssen. Diese Verbindung verlangt aber 50,5 Proc. C, 4,7 Proc. H und 29,9 Proc. S. Ebenso ausgeschlossen ist eine Verbindung von der Formel C₆H₅·SO₂·C₃H₅(SH)₂, denn diese verlangt 43,5 Proc. C und 4,8 Proc. H. Eine weitere Annahme, dass vielleicht Krystallwasser die Verbindung enthielte, wurde durch die Thatsache widerlegt, dass beim Erhitzen über 100° die Verbindung keinen Gewichtsverlust erlitt. Eine Formel, die am einfachsten den obigen Analysenzahlen Rechnung trägt, ist die nachstehende:



Berechnet auf die Formel	Gefunden in Procenten					
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
C ₁₈ = 216 = 48,65 Proc.	48,8	48,5	48,8	48,8	—	—
H ₂₀ = 20 = 4,50 „	4,3	4,7	4,5	4,4	—	—
S ₄ = 128 = 28,82 „	—	—	—	—	28,1	28,5
O ₅ = 80 = 18,02 „	—	—	—	—	—	—
444 99,99 Proc.	—	—	—	—	—	—

Eine Verbindung von der obigen Formel würde eine sulfoxydartige Verbindung darstellen und könnte nur durch Oxydation aus 2 Moleculen des Sulfides entstanden sein. Verschiedene Versuche, diese Oxydation bei dem Prozesse auszuschliessen, haben bisher noch nicht zu dem gewünschten Erfolge geführt. Ebenso wenig ist bis jetzt eine Reduction dieses Körpers gelungen. Ob Phosphorpentachlorid das Sulfoxyd in das gesuchte Sulfid zurückverwandelt, ist noch fraglich, da das bei der genannten Einwirkung gebildete Product einen klebrigen Körper darstellt. Vielleicht ist dieser Körper derselbe, der bei der Einwirkung von alkoholischem Kaliumsulfid auf das Bromid neben dem Hauptreactionsproducte entsteht. Dass in dem Körper vom Schmelzpunkt 157 bis 158° eine Verbindung vorliegt, die aus 2 Mol. des Sulfides hervorgegangen ist, beweisen die folgenden Moleculargewichtsbestimmungen.

Moleculargewichtsbestimmung.

Lösungsmittel: Phenol vom Schmelzpunkt 41°.

Zur Berechnung der Moleculargewichte benutzte moleculare Erhöhung nach Versuchen von Eijkmann: 70.

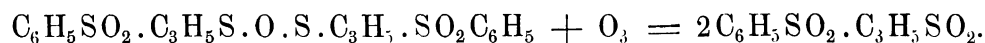
Gramm Substanz	Gramm Phenol	Beobachtete Erniedrigung	Substanz auf 100 g Phenol	Gefundenes Moleculargewicht
0,1525	14,1050	0,160	1,080	473
0,2895	14,1050	0,340	2,050	422

Für die Formel $C_{18}H_{20}S_4O_5$ berechnet sich das Moleculargewicht = 444. Dass die Verbindung durch das Phenol keine Veränderung erfahren, wurde dadurch festgestellt, dass aus der Phenollösung dieselbe unverändert wieder abgeschieden werden konnte.

Wenn auch durch die obigen Analysen, die Moleculargewichtsbestimmung sowie das noch zu beschreibende Verhalten gegen oxydirende Mittel die oben angegebene Constitutionsformel für den Körper $C_{18}H_{20}S_4O_5$ sehr wahrscheinlich gemacht ist, so war vorläufig doch ein ganz exacter Beweis für diese Annahme noch nicht zu erbringen. Dieses abnorme Verhalten des Phenylallylsulfondibromides gegen alkoholisches Kaliumsulfid ist um so auffallender, als die anderen in gleicher Weise mit derselben alkoholischen Kaliumsulfidlösung behandelten Bromide sich in normaler Weise umsetzten.

Verhalten der Verbindung $C_{18}H_{20}S_4O_5$ bei der Oxydation.

Da Sulfoxyde, die durch Oxydation der Sulfide entstehen, sich durch starke Oxydantien in Sulfone überführen lassen, so war anzunehmen, dass der Körper $C_{18}H_{20}S_4O_5$ im Sinne der nachstehenden Gleichung in ein Disulfon verwandelt wird:



Diese Annahme wird durch den nachfolgenden Versuch bestätigt.

Die Verbindung $C_{18}H_{20}S_4O_5$ wurde in Eisessiglösung bei gelinder Wärme so lange mit einer wässrigen Permanganatlösung versetzt, bis eine bleibende Röthung eintrat. Nach dem Verdünnen mit Wasser entfernt man das ausgeschiedene Mangansuperoxydhydrat mittelst wässriger schwefliger Säure, wobei das Oxydationsproduct als rein weisser, voluminöser Niederschlag in der Flüssigkeit suspendirt bleibt. Nach dem Filtriren wird das Reactionsproduct wiederholt mit heissem Wasser behufs Entfernung des Mangansulfates ausgewaschen und nach dem Trocknen aus Eisessig umkrystallisirt. Auf diese Weise erhält man ein weisses, mikrokrySTALLINISCHES Pulver, das selbst bei 230° noch

I. 1 g Bromid mit der theoretischen Menge einer concentrirten alkoholischen Kaliumsulfhydratlösung gab nach dreistündiger Einwirkung bei gewöhnlicher Temperatur beim Ausfällen mit Wasser einen gelblichweissen amorphen Körper, der nach dem Waschen mit Wasser und Alkohol sich als völlig bromfrei erwies. Besitzt keinen einheitlichen Schmelzpunkt. Krystallisationsversuche waren erfolglos.

Analyse. 0,1405 g Substanz gaben 0,2420 g CO₂ = 46,9 Proc. C
und 0,0610 g H₂O = 4,8 „ H.

II. 1 g Bromid in analoger Weise wie bei I. behandelt. Hier trat bei gewöhnlicher Temperatur Schwefelwasserstoffentwicklung auf. Das Product war völlig bromfrei, löslich in warmem Essigester und Benzol, schwer löslich in Alkohol, unloslich in Wasser. Eine Reinigung durch Umkrystallisiren gelang nicht.

Analyse. 0,1575 g Substanz gaben 0,2635 g CO₂ = 45,6 Proc. C
und 0,0725 g H₂O = 5,1 „ H.

III. Analog dem vorhergehenden Versuche ausgeführt. Gelblichweisser, amorpher, bromfreier Körper.

Analyse. 0,2000 g Substanz gaben 0,3145 g CO₂ = 42,9 Proc. C
und 0,0795 g H₂O = 4,4 „ H.

IV. 1 g Bromid wurde mit Alkohol angefeuchtet und Kaliumsulfhydrat in kleinen Antheilen bis zum Ueberschusse zugefügt. Das nach längerer Einwirkung mit Wasser ausgefällte Product bestand aus einem festen Körper, dem klebrige Antheile anhaften.

V. 1 g Bromid mit Alkohol befeuchtet, blieb nach Zusatz von alkoholischem NaSH 33 Stunden stehen. Nach dem Ausfällen mit Wasser ergab sich ein gelblichweisses, bromfreies Product, das ebenfalls nicht umkrystallisirt werden konnte.

Analyse. 0,1787 g Substanz gaben 0,2629 g CO₂ = 40,1 Proc. C
und 0,0652 g H₂O = 4,1 „ H.

VI. Analog ausgeführt wie Versuch V.

Analyse. 0,2021 g Substanz gaben 0,3580 g CO₂ = 48,3 Proc. C
und 0,0805 g H₂O = 4,4 „ H.

VII. Analog den vorigen Versuchen ausgeführt, nur kam alkoholisches Kaliumsulfhydrat zur Anwendung.

Analyse. 0,1738 g Substanz gaben 0,2850 g CO₂ = 44,7 Proc. C
und 0,0643 g H₂O = 4,1 „ H.

Trotzdem noch bei Weitem mehr Versuche, als hier angeführt sind, ausgeführt wurden, gelang es nicht, obgleich immer bromfreie Körper resultirten, einen Weg zu ermitteln, bei dem ein chemisch reines Thioglycol gebildet wird. Den Analysenwerthen, die ein Körper von der Formel C₆H₅SO₂C₃H₇(SH)₂ verlangt (C = 43,5 Proc. und H = 4,8 Proc.) kommt das bei dem Versuch III. gewonnene Product

am nächsten. Da eine Reindarstellung dieser Thioglycole nach diesen orientirenden Versuchen wenig Aussicht auf Erfolg bot, so wurden als Derivate von diesen Thioglycolen einige Aether dargestellt. Dieselben bilden sich sehr leicht und glatt, wenn man auf das Bromid Mercaptide längere Zeit einwirken lässt.

Amyläther des Phenylsulfonpropylenthioglycols:
 $C_6H_5 \cdot SO_2 \cdot C_3H_7 (SC_5H_{11})_2$.

Zur Darstellung dieses Thioäthers wurden 2 g Amylsulhydrat in sehr wenig absolutem Alkohol gelöst und 0,44 g Natrium hinzugefügt. Nachdem alles Natrium in Lösung gegangen, wurde das Ganze nach Zusatz von 3,3 g Bromid im Kölbchen mit aufgesetztem Steigerrohr mehrere Tage auf dem Wasserbade erhitzt. Nach Ablauf dieser Zeit wurde der Alkohol abgedunstet, der Rückstand mit Wasser behandelt und der in Wasser unlösliche ölige Thioäther mit Aether der wässrigen Flüssigkeit entzogen. Aus der mit Thierkohle und Chlorcalcium behandelten ätherischen Lösung ergab sich nach dem Abdunsten des Aethers der Thioäther als goldgelbes, dickliches Oel.

Analyse. 0,1931 g Substanz gaben 0,4194 g CO_2 entsprechend 0,11438 g C = 59,2 Proc. C und 0,1492 g H_2O = 0,016577 g H = 8,1 Proc. H.

Berechnet für die Formel	Gefunden
$C_6H_5SO_2C_3H_7(SC_5H_{11})_2$	
$C_{19} = 228 = 58,76$ Proc.	59,2 Proc. C
$H_{32} = 32 = 8,25$ „	8,1 „ H
$S_3 = 96 = 24,74$ „	—
$O_2 = 32 = 8,25$ „	—
388 100,00 Proc.	—

Phenyläther des Phenylsulfonpropylenthioglycols:
 $C_6H_5SO_2C_3H_7(SC_6H_5)_2$.

Dieser Thioäther ist bereits bekannt und von R. Otto¹⁾ aus Dibromallylphenylsulfon und Natriumthiophenol in Form von seidenglänzenden Nadeln vom Schmelzpunkt 75 bis 77° erhalten worden. Auffallend ist, dass von den ganzen in dieser Arbeit verzeichneten Thioäthern dieser der einzige ist, der in fester Form bekannt ist.

Oxydationsproducte der vorgenannten Thioäther.

Wird der oben angeführte Amyläther in Eisessiglösung mit Kaliumpermanganat bei gelinder Wärme in bekannter Weise oxydirt, so erhält man ein schneeweisses krystallinisches Reactionsproduct, das, aus Alko-

¹⁾ R. Otto, Ann. 283, 204.

hol umkrystallisirt, einen aus kleinen Nadeln bestehenden voluminösen Krystallbrei bildet. Schmelzpunkt 120°.

Analyse. 0,1699 g Substanz gaben 0,3142 g CO₂ entsprechend 0,085691 g C
= 50,43 Proc. und 0,1146 g H₂O entsprechend 0,01273 g H
= 7,49 Proc. H.

Berechnet für die Formel	Gefunden
C ₆ H ₅ SO ₂ C ₃ H ₅ (SO ₂ C ₅ H ₁₁) ₂	
C ₁₉ = 228 = 50,44 Proc.	50,43 Proc.
H ₃₂ = 32 = 7,08 „	7,49 „
S ₃ = 96 = 21,24 „	—
O ₆ = 96 = 21,24 „	—
452 100,00 Proc.	—

Es liegt also, wie aus der vorstehenden Analyse zu ersehen, in dem Oxydationsproducte des Amyläthers ein gemischtes Trisulfon vor. Das dem Phenyläther entsprechende Oxydationsproduct ist bereits bekannt, es ist das Allyltriphenylsulfon vom Schmelzpunkt 226°.

p-Tolylallylsulfondibromid und alkoholisches Kaliumsulfid.

Auch zur Darstellung des nachfolgend beschriebenen Umsetzungsproductes des Bromides¹⁾ mit Kaliumsulfid empfiehlt sich das Einhalten einer gewissen Vorschrift. Bei einer grossen Reihe von Versuchen, bei denen sowohl der Titer der Kaliumsulfidlösung bestimmt war (1 ccm = 0,225 g K₂S) als auch die Mengen des Bromides und des Alkohols in bestimmtem Verhältniss gewählt wurden, stellte sich heraus, dass neben der Hauptreaction immer noch ein secundärer Process sich abspielt, der zu klebrigen, öligen Bestandtheilen führt. So trat beispielsweise, wenn 1 g Bromid mit 5 ccm Alkohol befeuchtet wurde und dann 2 ccm der oben erwähnten K₂S-Lösung hinzugefügt wurden, eine beträchtliche Reactionswärme auf und das Reactionsproduct blieb klebrig. Indem nun die Mengen des Alkohols und der Sulfidlösung in verschiedenem Verhältniss angewandt wurden, ergaben sich schliesslich Versuchsbedingungen, bei deren Einhaltung sich das Auftreten des öligen Nebenproductes fast ganz vermeiden lässt. So gelangt man z. B. zu einem reinen Producte, wenn man 1 g Bromid mit 2 ccm Alkohol anfeuchtet und langsam 6 ccm der obigen Kaliumsulfidlösung unter Umschwenken einwirken lässt. Wendet man mehr oder auch weniger Alkohol zum Anfeuchten des Bromides an, oder eine zu verdünnte Kaliumsulfidlösung, so resultiren fast immer Producte mit öligen Beimengungen, während andererseits ein Ueberschuss der Sulfidlösung nicht nachtheilig für die Reaction ist. Am günstigsten verläuft im Allgemeinen der Process, wenn man einen möglichst grossen Ueber-

¹⁾ Ueber dessen Darstellung vergl. R. Otto, Ann. 283, 188.

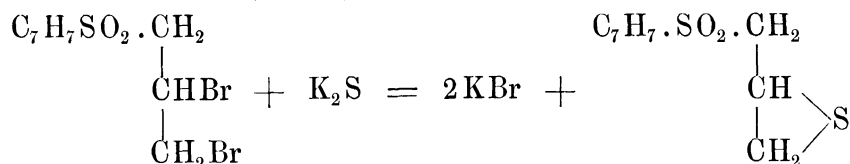
schuss einer möglichst concentrirten Kaliumsulfidlösung angewendet und dieselbe in kleinen Antheilen einträgt. Die Einwirkung geschah immer bei gewöhnlicher Temperatur; die Dauer der Einwirkung betrug durchschnittlich 20 Stunden. Nach Ablauf dieser Zeit verdünnt man mit Wasser, wäscht den in Wasser unlöslichen Antheil bis zum Verschwinden der alkalischen Reaction aus und krystallisirt ihn nach dem Trocknen aus Alkohol um. Die Verbindung bildet schneeweisse kleine Nadelchen, ist löslich in warmem Alkohol, in Essigester und Eisessig, unloslich in Petroläther, Aether und Wasser. Schmelzpunkt 180 bis 181°.

Analysen.

- I. 0,1940 g Substanz gaben 0,3742 g CO₂ entsprechend 0,10205 g C = 52,60 Proc. C und 0,0935 g H₂O entsprechend 0,01039 g H = 5,35 Proc. H.
- II. 0,1750 g Substanz gaben 0,3375 g CO₂ entsprechend 0,092045 g C = 52,59 Proc. C. und 0,0845 g H₂O entsprechend 0,00939 g H = 5,36 Proc. H.
- III. 0,2080 g Substanz gaben 0,4215 g BaSO₄ entsprechend 0,05703 g S = 27,89.

Berechnet für die Formel		Gefunden in Procenten		
C ₇ H ₇ SO ₂ · C ₃ H ₅ S		I.	II.	III.
C ₁₀	= 120 = 52,63 Proc.	52,60	52,59	—
H ₁₂	= 12 = 5,26 „	5,35	5,36	—
S ₂	= 64 = 28,07 „	—	—	27,89
O ₂	= 32 = 14,03 „	—	—	—
228 99,99 Proc.		—	—	—

Die Analysen stimmen auf die Formel C₇H₇SO₂ · C₃H₅S. Es ist deshalb die Umsetzung erfolgt gemäss der Gleichung



Die entstandene Verbindung ist somit als ein tolylsulfonirtes Propylensulfid, d. h. als Sulfonderivat eines Thioäthers zu betrachten.

Verhalten des p-Tolylsulfonpropylensulfids bei der Oxydation.

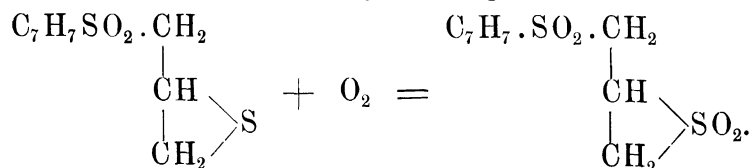
Wird das Tolylsulfonpropylensulfid in Eisessiglösung bei mässiger Wärme mit einer wässrigen Permanganatlosung bis zur bleibenden Rothfärbung versetzt und nach Entfernung des Mangansuperoxydhydrats mittelst wässriger schwefliger Säure der ungelöst bleibende

Antheil filtrirt und wiederholt mit heissem Wasser behufs Entfernung des Mangansulfats gewaschen, so resultirt ein weisser, amorpher Niederschlag, der über 200° noch nicht schmilzt.

Analyse. 0,1646 g Substanz gaben 0,2796 g CO₂ entsprechend 0,076254 g C = 46,39 Proc. C und 0,0710 g H₂O entsprechend 0,007888 g H = 4,79 Proc. H.

Berechnet auf die Formel		Gefunden
C ₇ H ₇ SO ₂	C ₃ H ₅ SO ₂	
C ₁₀ = 120	= 46,15 Proc.	46,32 Proc.
H ₁₂ = 12	= 4,62 „	4,79 „
S ₂ = 64	= 24,61 „	—
O ₄ = 64	= 24,61 „	—
260		99,99 Proc.

Es ist somit, wie die vorstehende Analyse zeigt, eine Oxydation des Thioäthers zu einem Disulfon eingetreten gemäss der Gleichung:



In diesem Sulfon liegt aber ein weiterer Repräsentant eines gemischten Disulfons vor, bei dem die eine Sulfongruppe an ein ungesättigtes Radical gebunden ist.

p-Tolylallylsulfondibromid und alkoholisches Kaliumsulfhydrat.

In der Toluolreihe gelang es ebenso wenig wie in der Phenylreihe, zu einem analysenreinen Thioglycol zu gelangen. Als beispielsweise 1 g des obigen Bromids mit wenig Alkohol befeuchtet nach Hinzufügen von überschüssiger alkoholischer Natriumsulfhydratlösung circa 33 Stunden bei gewöhnlicher Temperatur stehen blieb, resultirte beim Ausfällen mit Wasser ein amorpher, weisser, bromfreier Körper, dessen Reinigung durch Krystallisation misslang.

Analyse. 0,1545 g Substanz gaben 0,2655 g CO₂ = 46,8 Proc. C
und 0,0695 g H₂O = 4,9 „ H.

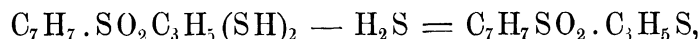
Dieses Analysenresultat nähert sich den Werthen, welche die Formel C₇H₇SO₂C₃H₅(SH)₂ verlangt (C = 45,8 Proc. und H = 5,3 Proc.), doch scheint eine kleine Beimengung von Sulfid den hohen Kohlenstoffgehalt sowie den niedrigen Wasserstoffgehalt veranlasst zu haben, ein Umstand, der durch die nachstehend beschriebenen Versuche sehr wahrscheinlich gemacht wird.

So gab ein Versuch, bei dem 1 g Bromid nach dem Anfeuchten mit Alkohol mit einem Ueberschuss einer alkoholischen Kaliumsulf-

hydratlösung längere Zeit stehen blieb, nach Ablauf dieser Zeit beim Ausfällen mit Wasser einen bromfreien Körper, der bei circa 158° schmolz.

Analyse. 0,2010 g Substanz gaben 0,3928 g CO₂ = 53,3 Proc. C
und 0,0845 g H₂O = 4,6 „ H.

Die bei der Analyse gefundenen Zahlen sprechen mehr für einen Thioäther, als für ein Thioglycol, denn ersterer verlangt C = 52,6 Proc. und H = 5,26 Proc., letzteres C = 45,8 Proc. und H = 5,3 Proc. Auch wird die Bildung des Sulfides bei diesem Versuche noch weiterhin dadurch bestätigt, dass das Product sich umkrystallisiren liess, was bisher bei den verschiedenen Thioglycolpräparaten noch nicht beobachtet wurde. Durch einmaliges Umkrystallisiren des Productes vom Schmelzpunkt 158° ergaben sich Krystalle, die bei circa 173° schmolzen, ein Schmelzpunkt, der bei nicht ganz reinem p-Tolylsulfonpropylensulfid häufig beobachtet wurde. Da nach diesem Versuche anzunehmen, dass das Sulfid durch Abspaltung von Schwefelwasserstoff aus Thioglycol im Sinne der folgenden Gleichung gebildet ist:



so war zu erwarten, dass eventuell in der Wärme diese Abspaltung von Schwefelwasserstoff glatter von statten gehen würde. Ein weiterer in dieser Richtung angestellter Versuch bestätigte die Annahme nicht, sondern lieferte einen bromfreien Körper, der schon bei 65° sinterte und unter Gasentwicklung sich zersetzte. Die Analyse dieses Körpers gab Werthe, die weder dem Thioglycol noch dem Sulfid entsprechen:

Analyse. 0,2421 g Substanz gaben 0,4470 g CO₂ = 50,3 Proc. C
und 0,1184 g H₂O = 5,4 „ H.

Auffallend ist, wie aus den in der o-Toluolreihe beschriebenen Versuchen zu ersehen, dass man bei der Behandlung von o-Tolylallylsulfondibromid mit alkoholischem Kaliumsulfhydrat in der Wärme einen Körper erhält, der dieselbe Zusammensetzung besitzt.

Es sei ferner noch erwähnt, dass auch Versuche angestellt sind, bei denen die alkoholische Kaliumsulfhydratlösung zu der alkoholischen Lösung des Bromides gefügt wurde, dass aber hierbei die Verhältnisse noch ungünstiger waren.

Amyläther des p-Tolylsulfonpropylenthio glycols, C₇H₇ · SO₂ · C₃H₅ (SC₅H₁₁)₂.

3,42 g p-Tolylallylsulfondibromid, 2 g Amylsulfhydrat und 0,44 g Natrium wurden mit wenig absolutem Alkohol in analoger Weise behandelt, wie es bei dem Amyläther der entsprechenden Phenylverbindung bereits beschrieben ist. Der gereinigte Amyläther bildet ein dunkelgelbes Oel von dicklicher Beschaffenheit.

Analyse: 0,1179 g Substanz gaben 0,2595 g CO₂ entsprechend 0,070773 g C = 60,03 Proc. C und 0,0938 g H₂O entsprechend 0,010422 g H = 8,84 Proc. H.

Berechnet auf die Formel C ₇ H ₇ S O ₂ C ₃ H ₅ (S C ₅ H ₁₁) ₂	Gefunden in Proc.
C ₂₀ = 240 = 59,70 Proc.	60,03
H ₃₄ = 34 = 8,46 „	8,84
S ₃ = 96 = 23,88 „	—
O ₁ = 32 = 7,96 „	—
402 100,00 Proc.	—

Die Analyse bestätigt die Reinheit des gebildeten Aethers.

Phenyläther des p-Tolylsulfonpropylenthioglycols,
C₇H₇S O₂ · C₃H₅ (S C₆H₅)₂.

Der Phenyläther, aus dem Bromid durch Einwirkung von Natriumthiophenol gewonnen, bildet ein dickliches, dunkelgelbes Oel.

Oxydationsproducte der vorgenannten Thioäther.

Wird der Amyläther in Eisessig mit Kaliumpermanganat bei gelinder Wärme oxydirt, so erhält man, wenn man im Weiteren den schon oben bei der Phenylverbindung beschriebenen Weg einschlägt, einen weissen Körper, der nach dem Umkrystallisiren aus Alkohol körnige, undurchsichtige Krystalle bildet. Dieselben schmelzen bei 112 bis 113°, sind leicht löslich in warmem Alkohol, sehr leicht löslich in Essigäther, schwer löslich in Petroläther, Ligroin und Aether.

Analyse: 0,1605 g Substanz gaben 0,3044 g CO₂ entsprechend 0,08302 g C = 51,72 Proc. C und 0,1058 g H₂O entsprechend 0,011755 g H = 7,33 Proc. H.

Berechnet auf die Formel C ₇ H ₇ S O ₂ C ₃ H ₅ (S O ₂ C ₅ H ₁₁) ₂	Gefunden in Proc.
C ₂₀ = 240 = 51,50 Proc.	51,72
H ₃₄ = 34 = 7,29 „	7,33
S ₃ = 96 = 20,60 „	—
O ₆ = 96 = 20,60 „	—
466 99,99 Proc.	—

Obige Analyse bestätigt aber die Formel des gemischten Trisulfons C₇H₇S O₂ · C₃H₅ (S O₂ C₅H₁₁)₂. Bei der in analoger Weise ausgeführten Oxydation des Phenyläthers wurde ein weisser Körper erhalten, der, aus Alkohol umkrystallisirt, weisse, kleine Nadelchen vom Schmelzpunkt 88,5° lieferte.

Analyse: 0,1236 g Substanz gaben 0,2490 g CO₂ entsprechend 0,06791 g C
= 54,92 Proc. C und 0,0478 g H₂O = 0,005311 g H = 4,38 Proc. H.

Berechnet auf die Formel		Gefunden in Proc.
C ₇ H ₇ SO ₂ C ₃ H ₅ (SO ₂ C ₆ H ₅) ₂		
C ₂₂	= 264 = 55,23 Proc.	54,92
H ₂₂	= 22 = 4,60 „	4,38
S ₃	= 96 = 20,08 „	—
O ₆	= 96 = 20,08 „	—
<hr/>		
478	99,99 Proc.	—

Durch die Oxydation ist also der Phenyläther in das gemischte Trisulfon von der Formel C₇H₇SO₂C₃H₅(SO₂C₆H₅)₂ übergeführt worden.

o-Tolylallylsulfondibromid und alkoholisches Kaliumsulfid.

Lässt man auf das ölige Bromid ¹⁾ eine alkoholische Kaliumsulfidlösung einwirken, so tritt schon in der Kälte eine stürmische Reaction ein, während sich gleichzeitig die Flüssigkeit unter Abscheidung von Bromkalium tiefschwarz färbt. Nach vollendeter Reaction wurde mit Wasser versetzt und mit verdünnter Salzsäure angesäuert. Aether entzieht jetzt der Flüssigkeit ein dunkelbraunes Oel. Eine Entfärbung durch Behandeln der ätherischen Lösung mittelst Thierkohle liess sich nicht bewerkstelligen. Die mit Chlorcalcium getrocknete ätherische Lösung hinterliess nach dem Abdunsten des Aethers ein zähflüssiges, dunkelgelbes bis braunes Oel. Leider ist es nicht gelungen, trotz verschiedener Versuche den Thioäther ganz analysenrein zu gewinnen. Bei den meisten Producten wurde der Kohlenstoffgehalt im Durchschnitt 2 bis 3 Proc. zu niedrig gefunden, andererseits der Wasserstoff einige Zehntel zu hoch [C = 49,68 Proc., H = 5,72 Proc.; C = 50,8 Proc.; H = 5,7 Proc.; C = 49,01 Proc.; H = 5,6 Proc.]. Von den verschiedenen Producten, die in der oben angegebenen Weise dargestellt sind, kommt dasjenige, dessen Analysenwerthe nachstehend angegeben sind, den verlangten Werthen am nächsten.

Analyse: 0,2390 g Substanz gaben 0,4512 g CO₂ = 51,5 Proc. C
und 0,1254 g H₂O = 5,8 „ H.

Die Formel C₇H₇SO₂C₃H₅S verlangt aber 52,6 Proc. C und 5,3 Proc. H. Da aber eine Reinigung des öligen Productes fehlschlug, so sind weitere Versuche in dieser Richtung nicht angestellt worden. Auch unterblieb eine eingehende Untersuchung des Oxydationsproductes des öligen Thioäthers, da auch hier nur ein öliger Körper resultirte.

¹⁾ Ueber dessen Darstellung vergl. J. Troeger und W. Voigtlander-Tetzner, J. pr. Ch. 54, 530.

**o-Tolylallylsulfondibromid und alkoholisches
Kaliumsulfhydrat.**

Wird das o-Tolylallylsulfondibromid resp. das o-Tolylallylsulfondichlorid mit einer alkoholischen Kaliumsulfhydratlösung auf dem Wasserbade gelinde erwärmt, so tritt sehr bald Reaction ein und neben Brom- bzw. Chlorkalium scheidet sich ein Oel ab. Verdünnt man nach vollendeter Umsetzung mit Wasser, so erstarrt das Oel. Dasselbe wird nun mit Wasser zerrieben und stellt nach dem Trocknen ein gelblichweisses Pulver dar, das bei ca. 120° schmilzt. Ueber die Einwirkungsdauer lassen sich keine bestimmten Angaben machen, nur konnte constatirt werden, dass bei ungenügender Einwirkung das Reactionsproduct stets klebrig blieb, selbst wenn es längere Zeit unter Wasser stand. Durch erneutes Behandeln des klebrigen Reactionsproductes mit Kaliumsulfhydrat lässt es sich aber in eine amorphe Verbindung überführen. Trotzdem diese Versuche öfters wiederholt wurden, so haben zwei verschiedene Versuche nie zu demselben Resultat geführt. Eine Reinigung durch Umkrystallisiren oder durch Ausfällen aus einem geeigneten Lösungsmittel führte nie zum Ziele, da immer der Körper klebrig wieder abgeschieden wurde. Nachstehend mögen einige von den in dieser Richtung angestellten Versuchen angeführt sein.

Versuch I. Chlorid mit KSH eine Stunde lang auf dem Wasserbade erwärmt. Gelblichweisses, amorphes Pulver. Schmelzpunkt circa 120°.

Analyse I: 0,1997 g Substanz gaben 0,3680 g CO₂ = 50,3 Proc. C
und 0,0945 g H₂O = 5,2 „ H.

Analyse II: 0,2000 g Substanz gaben 0,3684 g CO₂ = 50,2 „ C
und 0,0960 g H₂O = 5,3 „ H.

Versuch II. Bromid mit KSH mehrere Stunden auf dem Wasserbade erwärmt. Gelblichweisses, amorphes Pulver. Schmelzpunkt 117°.

Analyse I: 0,2010 g Substanz gaben 0,3787 g CO₂ = 51,3 Proc. C
und 0,1055 g H₂O = 4,6 „ H.

Analyse II: 0,2025 g Substanz gaben 0,3790 g CO₂ = 51,01 „ C
und 0,1050 g H₂O = 4,6 „ H.

Analyse III: 0,2993 g Substanz gaben 0,6200 g BaSO₄ = 28,43 Proc. S.

Versuch III. Chlorid mit KSH circa $\frac{5}{4}$ Stunden auf dem Wasserbade erwärmt. Gelblichweisses, amorphes Pulver, das keinen einheitlichen Schmelzpunkt zeigt, gegen 80° siedet, vollständig aber erst bei 120° geschmolzen ist.

Analyse: 0,1530 g Substanz gaben 0,2617 g CO₂ = 46,65 Proc. C
und 0,0775 g HO₂ = 5,6 „ H.

Die Analysenresultate von Versuch I und II nähern sich den Werthen eines Sulfids (C = 52,6 Proc., H = 5,3 Proc., S. = 29,1 Proc.). Doch ist die Bildung eines Sulfids von der einfachen Formel $C_7H_7SO_2C_3H_5S$ ausgeschlossen, da ein solches, wie die Versuche von Bromid und K_2S ergeben, stets ölig erhalten worden ist. Es wäre hier nur eine Polymerisation denkbar, wie solche ja besonders bei den Sulfiden von dem Typus $(C_nH_{2n})S$ leicht eintritt. Der Versuch III hingegen liefert ein Product, dessen Analysenwerthe mehr einem Thioglycol von der Formel $C_7H_7SO_2C_3H_5(SH)_2$ entsprechen, denn ein solches verlangt 45,8 Proc. C und 5,3 Proc. H. Auffallend ist entschieden, dass ähnliche Analysenresultate sich auch bei den entsprechenden Versuchen in der p-Toluolreihe ergeben haben. Ob hier nur Gemische von Sulfiden in polymerisirter Form mit Thioglycolen vorliegen oder Producte, die aus diesen durch einen secundären Process entstanden sind, konnte vorläufig nicht festgestellt werden. Dass die Existenz von Thioglycolen in der o-Toluolreihe nicht ausgeschlossen, wird durch die nachstehenden Aether wahrscheinlich gemacht.

Amyläther des o-Tolylsulfonpropylenthioglycols,
 $C_7H_7SO_2 \cdot C_3H_5(S C_5H_{11})_2$.

Der Aether wurde wie die übrigen Aether dargestellt. Er bildet ein dunkelbraunes Oel. Nachstehende Analyse beweist obige Zusammensetzung.

Analyse: 0,2505 g Substanz gaben 0,5450 g CO_2 entsprechend 0,14863 g C = 59,33 Proc. C und 0,1878 g H_2O = 0,02086 g H_2O = 8,32 Proc. H.

Berechnet auf die Formel	Gefunden
$C_7H_7SO_2 \cdot C_3H_5(S C_5H_{11})_2$	
59,70 Proc. C	59,33 Proc. C
8,46 „ H	8,32 „ H.

Die Oxydation dieses Aethers lieferte ein öliges Trisulfon, das nicht näher untersucht wurde.

Phenyläther des o-Tolylsulfonpropylenthioglycols,
 $C_7H_7SO_2 \cdot C_3H_5(S C_6H_5)_2$.

In analoger Weise dargestellt wie der Phenyläther der p-Toluolreihe, bildet er ein dunkelgelbes Oel.

β -Naphthylallylsulfondibromid und alkoholisches Kaliumsulfid.

Da die Einwirkung von Kaliumsulfid in der Kälte kaum merklich auf das angeführte Bromid ¹⁾ sich äussert, so wurde die Umsetzung

¹⁾ Ueber dessen Darstellung vergl. J. Troger und K. Artmann, J. pr. Chem. 53, 487.

bei Wasserbadwärme ausgeführt. Erwärmt man das Bromid mit alkoholischem Kaliumsulfid bezw. Natriumsulfid eine halbe Stunde gelinde auf dem Wasserbade, so scheidet sich neben Bromkalium bezw. Bromnatrium ein dunkles schweres Oel ab, das nach dem Hinzufügen von kaltem Wasser sehr bald erstarrt und nach dem Zerreiben mit Wasser einen gelben, amorphen Körper darstellt. Versuche, denselben umzukristallisiren, waren erfolglos, doch gelingt es, wie nachstehende Analyse zeigt, den Körper auf diese Weise analysenrein zu erhalten.

Analyse: 0,2043 g Substanz gaben 0,4400 g CO₂ entsprechend 0,1200 g C = 58,73 Proc. C und 0,0855 g H₂O = 0,0095 g H = 4,65 Proc. H.

Berechnet auf die Formel	Gefunden in Proc.
C ₁₀ H ₇ S O ₂ C ₃ H ₅ S	
C ₁₃ = 156 = 59,09 Proc.	58,73
H ₁₂ = 12 = 4,54 „	4,65
S ₂ = 64 = 24,04 „	—
O ₂ = 32 = 12,12 „	—
264 99,99 Proc.	—

Das so erhaltene β -Naphtylsulfonpropylensulfid ist in den meisten organischen Lösungsmitteln unlöslich bezw. schwer löslich. Aus diesem Grunde scheiterten auch bei diesem Thioäther die Oxydationsversuche. Da Eisessig nur wenig von demselben löste, so war der durchweg bei den oben verzeichneten Oxydationsverfahren eingeschlagene Weg nicht ausführbar. Ebenso wenig gelang die Oxydation, wenn der Thioäther, ohne ihn zu lösen, mit einer concentrirten Kaliumpermanganatlösung unter jeweiligem Zusatz von etwas verdünnter Schwefelsäure in der Wärme behandelt wurde. Auch die Einwirkung von Kaliumdichromat und verdünnter Schwefelsäure brachte nicht den gewünschten Erfolg. Trägt man hingegen das Sulfid nach und nach in rothe rauchende Salpetersäure ein, so löst sich dasselbe unter starker Stickoxydentwicklung in der Säure auf. Verdünnt man jetzt nach vollendeter Umsetzung stark mit Wasser, so fällt ein gelbliches, amorphes Product aus, das keinen bestimmten Schmelzpunkt zeigte (120 bis 130°), sich nicht umkristallisiren liess und deshalb nicht eingehender untersucht wurde.

β -Naphtylallylsulfondibromid und alkoholisches Kaliumsulfhydrat.

Auch gegen alkoholisches Kaliumsulfhydrat ist das Bromid in der Kälte ziemlich beständig, doch bereits nach kurzem Erwärmen auf dem Wasserbade tritt die Umsetzung unter Abscheidung von Bromnatrium ein. Sowohl bei Anwendung von Kalium- als auch von Natriumsulfhydrat ist die Einwirkung nach halbstündigem Erwärmen vollendet. Verdünnt man nunmehr mit Wasser, so bleibt ein weisser, fester, brom-

freier Körper ungelöst, dessen Reinigung durch Umkrystallisiren nicht gelang. Er wurde deshalb mit Wasser gut zerrieben und ausgewaschen und nach dem Trocknen direct zur Analyse verwandt. Nachstehend sind die Analysen von zwei verschiedenen Reactionsproducten angeführt. Die Analyse des ersten Productes ergab einen zu niedrigen Kohlenstoffgehalt, hingegen zeigt die Analyse eines zweiten Productes, dass ein Thioglycol in der Naphtalinreihe sich leichter rein gewinnen lässt, als die entsprechenden Thioglycole in der Phenyl- und Tolyreihe.

Analyse I: 0,2273 g Substanz gaben 0,4233 g CO₂ = 50,7 Proc. C
und 0,0888 g H₂O = 4,3 „ H.

Analyse II: 0,2144 g Substanz gaben 0,4116 g CO₂ = 52,35 „ C
und 0,0858 g H₂O = 4,44 „ H.

Ein Naphtylsulfonpropylthioglycol von der Formel C₁₀H₆SO₂.C₃H₅(SH)₂ verlangt 52,35 Proc. C und 4,69 Proc. H.

Amyläther des β-Naphtylsulfonpropylthioglycols,
C₁₀H₇SO₂C₃H₅(SC₅H₁₁)₂.

3,8 g β-Naphtylallylsulfondibromid 2 g Amylsulphydrat und 0,44 g Natrium wurden mit wenig absolutem Alkohol mehrere Tage im Kölbchen mit Steigerrohr auf dem Wasserbade erwärmt. Die sonstige Verarbeitung geschah in derselben Weise wie bei anderen Aethern. Der Aether bildet ein dickflüssiges, röthlichgelbes Oel.

Analyse: 0,2832 g Substanz gaben 0,6568 g CO₂ entsprechend 0,17913 g C = 63,28 Proc. C und 0,1968 g H₂O entsprechend 0,021866 g H = 7,76 Proc. H.

Berechnet auf die Formel C ₁₀ H ₇ SO ₂ C ₃ H ₅ (SC ₅ H ₁₁) ₂	Gefunden in Proc.
C ₂₃ = 276 = 63,01 Proc.	63,28
H ₃₄ = 34 = 7,76 „	7,76
S ₃ = 96 = 21,92 „	—
O ₂ = 32 = 7,31 „	—
438 100,00 Proc.	—

Vorstehende Analyse zeigt, dass dem Amyläther die gewünschte Formel zukommt.

Phenyläther des β-Naphtylsulfonpropylthioglycols,
C₁₀H₇SO₂C₃H₅(SC₆H₅)₂.

Der dem Amyläther analog dargestellte Phenyläther bildet ein dunkelgelbes, dickflüssiges Oel.

Oxydationsproduct des Amyläthers.

Die Oxydation wurde in der üblichen Weise mit Permanganat in Eisessiglösung bewerkstelligt. Das Reactionsproduct war blendendweiss und ergab nach dem Umkrystallisiren aus Alkohol feine, verfilzte, concentrisch gruppirte Nadelchen vom Schmelzpunkt 136°.

Analyse: 0,1978 g Substanz gaben 0,3990 g CO₂ entsprechend 0,10882 g C = 55,01 Proc. C und 0,1080 g H₂O entsprechend 0,0120 g H = 6,1 Proc. H.

Berechnet auf die Formel	Gefunden in Proc.
C ₁₀ H ₇ SO ₂ C ₃ H ₅ (SO ₂ C ₅ H ₁₁) ₂	
C ₂₃ = 276 = 54,98 Proc.	55,01
H ₃₄ = 34 = 6,77 „	6,1
S ₃ = 96 = 19,12 „	—
O ₆ = 96 = 19,12 „	—
502 99,99 Proc.	—

Es liegt also, wie die Analyse zeigt, in dem Oxydationsproducte des Amyläthers ein gemischtes Trisulfon vor von der Formel C₁₀H₇SO₂C₃H₅(SO₂C₅H₁₁)₂.

**α-Naphtylallylsulfondibromid und alkoholisches
Kaliumsulfid.**

Lässt man auf das obige Bromid¹⁾ eine alkoholische Kaliumsulfidlösung bei gewöhnlicher Temperatur einwirken, so ist nur wenig von einer Umsetzung zu beobachten. Dieselbe tritt jedoch ein, wenn man auf dem Wasserbade gelinde erwärmt. Die Reaction ist nach halb- bis einstündigem Erhitzen vollendet. Es ist dann neben Bromkalium ein dunkelrothbraunes Oel zur Abscheidung gelangt, das nach Zusatz von Wasser erhärtet. Man zerreibt dasselbe mit Wasser und erhält so ein schmutzigfleischfarbendes Pulver. Als kürzere Zeit das Erwärmen auf dem Wasserbade vorgenommen wurde, beispielsweise 10 Minuten, resultirte nach dem Zusatz von Wasser ein gelblichweisses Pulver, das noch klebrige Bestandtheile enthielt. In Alkohol ist der Körper schwer löslich, leicht löslich dagegen in Essigäther. Aus der letztgenannten Lösung fällten Aether sowie Petroläther das Product wieder amorph aus. Alle Versuche, das Product durch Umkrystallisiren zu reinigen, scheiterten. Es besitzt keinen einheitlichen Schmelzpunkt, sintert schon bei 50°, ist aber völlig erst zwischen 100 und 110° geschmolzen. Bei den verschiedensten Versuchen wurden zumeist Producte erhalten, deren Kohlenstoffgehalt etwas niedriger als der für die Formel C₁₀H₇SO₃C₃H₅S berechnete ist.

¹⁾ Ueber dessen Darstellung vergl. J. Tröger und K. Artmann, J. pr. Chem. 53, 500.

Einigermassen konnte es gereinigt werden durch Ausziehen mit warmem Alkohol. Der in Alkohol unlösliche Antheil wurde dann mit Wasser zerrieben und bildete nach dem Trocknen ein dunkelgelbes, amorphes Pulver.

Analyse: 0,2050 g Substanz gaben 0,4493 g CO₂ entsprechend 0,12254 g C = 59,77 Proc. C und 0,0949 g H₂O = 0,01054 g H = 5,14 Proc. H.

Berechnet auf die Formel	Gefunden
C ₁₀ H ₇ S O ₂ C ₃ H ₅ S	
C = 59,1 Proc.	C = 59,77 Proc.
H = 4,5 „	H = 5,1 „

Wenn obige Analyse auch nicht gerade sehr gut stimmende Resultate liefert, was in Folge des Mangels einer geeigneten Reinigungsmethode nicht auffallend ist, so steht doch fest, dass auch hier genau wie bei dem entsprechenden Versuche in der β -Reihe ein Naphtylsulfonpropylensulfid von obiger Formel sich bei der Einwirkung von alkoholischem Kaliumsulfid auf α -Naphtylallylsulfondibromid gebildet hat. Oxydationsversuche sind vor der Hand nicht mit diesem Thioäther angestellt worden.

α -Naphtylallylsulfondibromid und alkoholisches Kaliumsulfhydrat.

Vorgenanntes Bromid und alkoholisches Kaliumsulfhydrat wirken in der Kälte nicht auf einander ein. Um eine vollständige Umsetzung zu erzielen, erwärmt man circa eine Stunde gelinde auf dem Wasserbade. Das nach Ablauf dieser Zeit durch Wasser abgeschiedene Product bildet einen weissen, amorphen Körper. Das so gewonnene Product zeigt keinen einheitlichen Schmelzpunkt, sintert schon gegen 50° und ist bei circa 75° geschmolzen.

Analyse: 0,2092 g Substanz gaben 0,4106 g CO₂ entsprechend 0,11198 g C = 53,52 Proc. C und 0,0750 g H₂O = 0,00833 g H = 3,98 Proc. H.

Die Formel für ein Naphtylsulfonpropylenthio glycol, C₁₀H₇SO₂C₃H₅(SH)₂, verlangt aber 52,4 Proc. C und 4,7 Proc. H. Es scheint also, wie aus dem höheren Kohlenstoffgehalt und dem niederen Wasserstoffgehalt hervorgeht, eine theilweise Abspaltung von Schwefelwasserstoff eingetreten zu sein.

Amyläther des α -Naphtylsulfonpropylenthio glycols,
C₁₀H₇SO₂C₃H₅(SC₅H₁₁)₂.

Der analog der β -Reihe dargestellte Aether bildet ein dunkelbraunes dickliches Oel, dessen Oxydationsproduct ebenfalls einen öligen Körper darstellt.

Ueberblickt man die vorstehend verzeichneten Versuche, so ergibt sich, dass bei allen symmetrischen Dibromsubstituten, ausgenommen denjenigen der Phenylreihe, bei der Einwirkung von alkoholischem Kaliumsulfid Thioäther gebildet werden. Die Einwirkung von alkoholischem Kaliumsulfhydrat liefert keine einheitlichen Verbindungen. Ob in diesen Verbindungen nur Gemische von einfachen Thioglycolen und von Thioäthern vorliegen, oder ob sie, was wahrscheinlicher ist, als Gemische von polymerisirten Verbindungen anzusprechen sind, konnte vorläufig nicht entschieden werden, denn das einzige Mittel, dessen man sich hierzu hätte bedienen können, wäre die Moleculargewichtsbestimmung gewesen, und eine solche war unausführbar, da diese Körper nicht unzersetzt flüchtig sind. Auch eine Bestimmung auf kryoskopischem Wege war in Anbetracht des Umstandes, dass die Reactionsproducte nicht als einheitliche Körper vorlagen, von wenig Belang. Die Existenzfähigkeit der Thioglycole wird aber durch die analoge Darstellung der entsprechenden Aether, die alle in analysenreiner Form zu gewinnen waren, sehr wahrscheinlich gemacht. Vielleicht gelingt es, von den Thioäthern rückwärts durch Einwirkung von Jodwasserstoffsäure zu reinen Thioglycolen zu gelangen, doch mussten vorläufig derartige Versuche unterbleiben. Auffallend an den aus den Dibromiden und alkoholischem Kaliumsulfhydrat dargestellten Producten ist ihre Unlöslichkeit in wässriger Natronlauge. Man sollte doch von Thioglycolen die Bildung von wasserlöslichen Mercaptiden erwarten. Es wäre ja allerdings nicht ausgeschlossen, dass der in das Thioglycol eingetretene Sulfonylrest die Wasserlöslichkeit verhindert, während andererseits auch die Unlöslichkeit in Natronlauge, sowie die amorphe Beschaffenheit der Reactionsproducte für höher moleculare Verbindungen sprechen können.

DIE TEKTONISCHEN VERHÄLTNISSE
DES
NORDDEUTSCHEN SCHOLLENGEBIRGES
AUF GRUND DER
NEUESTEN TIEFBOHRUNGEN
IM
LEINETHALE UND BEI HANNOVER
SOWIE DIE
GLIEDERUNG DES SALZGEBIRGES DASELBST.

VON

J. H. KLOOS.

1. Die Bohrungen auf Kalisalze im Leinethale.

Die Tiefbohrungen auf Kalisalze der Gewerkschaft „Hohenzollern“ im Leinethale östlich und westlich von Alfeld haben ganz überraschende Resultate ergeben. Bereits frühere Bohrungen auf dem Buntsandsteinsattel von Salzdetfurt, auf demjenigen von Osterlinde-Grasdorf, sowie auf dem Eichsfelde und in der nordthüringer Mulde hatten für das Gebiet der mesozoischen Schichten in der Tiefe abnorme und gänzlich unerwartete Lagerungsverhältnisse festgestellt.

Als *Ueberschiebung* war von Richthofen im Jahre 1886 eine Lagerungsform bezeichnet worden, welche die Reihenfolge der sedimentären Formationen insoweit umkehrt, als wir Schichten von anerkannt höherem Alter auf jüngeren Schichten antreffen. Diese Lagerungsform wurde bis jetzt als ganz besonders bezeichnend für die stark gefalteten Gebirge betrachtet, und war in grösserer Ausdehnung in dem schollenartig zusammengesetzten Hügellande des nördlichen und mittleren Deutschlands nicht bekannt. Den zu ganz anderen Zwecken niedergebrachten Tiefbohrungen der letzten Jahre war es vorbehalten, dergleichen Auf- und Ueberschiebungen in grossartigem Maassstabe im Gebiete der Triasformation zwischen unseren älteren Faltengebirgen aufzudecken.

Es kommen demnach nun auch *diese* Störungen zu den bereits bekannten Dislocationen der ursprünglichen Lagerungsverhältnisse, wie solche zur Entstehung von grabenartigen Schichtenversenkungen Veranlassung geben können. Letztere sind ja auf mehr oder weniger *verticale* Bewegungen (Senkungen) fester Gesteine an und gegen einander zurückzuführen. Es stehen den Gräben und Senkungsfeldern überhaupt die in der Bewegung zurückgebliebenen Erdschollen (die Horste) gegenüber.

Speciell für das Gebiet des Leinethales sind diese den Bau des Hügellandes beherrschenden tektonischen Erscheinungen in neuerer Zeit von v. Koenen und dessen Schülern bis ins Einzelne beschrieben und kartographisch dargestellt worden. Die Schlussfolgerungen, welche die Beobachtungen der Verhältnisse über Tage mit sich brachten,

werden nun aber bedeutend modificirt durch die ganz überraschenden Aufschlüsse der Tiefbohrungen in Bezug auf weit ausgedehnte Ueberschiebungen, d. h. auf *seitliche* Bewegungen grösserer Gesteinsmassen und Schichtencomplexe, welche ganz analog den intensiv gefalteten Gebirgen zu Aufpressungen Veranlassung gaben und die Verhältnisse über Tage zum Theil auch besser erklären, als die Annahme von Versenkungen.

So hat Wermbter in seiner Inaugural-Dissertation vom Jahre 1890 den Gebirgsbau des Leinethales zwischen Greene und Banteln ganz im Sinne von v. Koenen's aufgefasst, und zwar als einen Sattel, in dessen aufgerissener, klaffender Sattelspalte eine verticale Verschiebung der beiden Flügel gegen einander stattgefunden habe, verbunden mit Grabenbildung. Er folgerte aus dem Auftreten des bunten Sandsteins, dass in der Südhälfte dieses Sattels der Westflügel, in der Nordhälfte dagegen der Ostflügel abgesunken sei¹⁾. In der That erhebt sich südöstlich von Alfeld der Buntsandstein über Meimerhausen mit nordöstlichem Einfallen bis nahe an 280 m Meereshöhe, während er auf dem südwestlich einfallenden Flügel unter den Alluvionen der Leine versteckt liegt, und der ihn dort überlagernde Muschelkalk noch um 100 m in absoluter Höhe zurückbleibt. Umgekehrt steigt im Nordwesten von Alfeld, daher in der Fortsetzung des Zuges, der Buntsandstein mit südwestlichem Einfallen dicht unter dem aus Wellenkalk bestehenden Kamme des K ülfs bis etwa 240 m an. Jenseits der Leine dagegen tritt auf dem gegenüberliegenden Sattel-flügel der Muschelkalk hart an den Fluss, und ist der bunte Sandstein dort erst in der Thalsole durch Brunnenanlagen aufgeschlossen worden.

Der Gedanke einer Verschiebung in der Sattellinie, wie eine solche häufig nachgewiesen werden kann, liegt demnach nahe und habe ich mich demselben auch früher angeschlossen²⁾. Immerhin blieb das verschiedene Verhalten des Sattels im Streichen südlich und nördlich von Alfeld höchst auffällig, und wäre nur dann zu erklären gewesen, wenn diese Stadt auf einer gewaltigen Querverwerfung läge, welche in Wirklichkeit nicht vorhanden ist.

Vor zwei Jahren brachte die Kalibohrgesellschaft „Vereinigte Hannover“, jetzt Gewerkschaft „Hohenzollern“, bei Klein-Freden im Leinethale ein Bohrloch nieder, welches eine Tiefe von 1000 m erreichte. Nach meinen Untersuchungen der Bohrkern wurden die nachfolgenden Schichten durchteuft:

¹⁾ H. Wermbter, Der Gebirgsbau des Leinethales zwischen Greene und Banteln. Neues Jahrb. f. Min. u. s. w., VII. Beilageband, S. 246. Vergl. auch A. v. Koenen, Ueber das Verhalten von Dislocationen im nordwestlichen Deutschland. Jahrb. d. konigl. preuss. geolog. Landesanstalt für 1885, S. 57 u. s. w.

²⁾ Vergl. Kloos, Ueber den geologischen Bau des Hilses. Verein f. Naturw. zu Braunschweig, X. Jahresbericht, Sitzungsberichte S. 89.

0—173	= 173 m	Buntsandstein, bis etwa 144 m Rogen- und Kalksandsteine, dann die gypsführende Lettenzone.
173—268	= 95 „	Gyps und Anhydrit.
268—275	= 7 „	Salzthon.
275—285	= 10 „	unreiner thoniger Gyps.
285—429,5	= 144,5 „	jüngeres (buntes) Steinsalz mit schwachen Carnallitlagen, Färbung vorwiegend grau, namentlich in den hangenden Partien.
429,5—455	= 25,5 „	Carnallit mit Boracitknollen, gegen das Liegende mit eingesprengten Sylvinkristallen.
455—476	= 21 „	buntes Steinsalz.
476—504	= 28 „	Salzthon mit starken Steinsalzbänken.
504—536	= 32 „	Carnallit.
536—617	= 81 „	buntes Steinsalz.
617—631	= 14 „	Anhydrit mit Carnallitschnüren, zum Theil auch mit Sylvin und Kieserit in Nestern und linsenförmigen Einlagerungen.
631—633	= 2 „	farbloses Steinsalz.
633—645,5	= 12,5 „	Carnallit mit Nestern und Einzelkristallen von Sylvin.
645,5—659	= 13,5 „	graues Steinsalz.
659—661,5	= 2,5 „	Kalihartsalze, Gemenge von Sylvin, Carnallit, Kieserit und Steinsalz.
661,5—682,0	= 20,5 „	Salzthon mit Carnallitnestern und Schnüren, Kieserit und Sylvineinsprengungen, im Liegenden eine Anhydritbank.
682—717,0	= 35 „	rothes Steinsalz.
717—718	= 1 „	Carnallit.
718—1000	= 282 „	graues (älteres) Steinsalz mit zahlreichen Anhydritschnüren regelmässig abwechselnd.

Ueberall da, wo das Einfallen an den Bohrkernen hat ermittelt werden können, namentlich im Buntsandstein, im Gyps und im oberen Carnallitlager, schwankt dasselbe zwischen 45° und 50°. Legt man dieses Einfallen zu Grunde, so ist die wahre Mächtigkeit des im Leinethale zum ersten Male erschlossenen Salzlagers bis zur erreichten Teufe auf etwa 480 m zu veranschlagen.

Das Bohrloch Freden mit seinen werthvollen Kalisalzen hat demnach die überraschende Thatsache aufgedeckt, dass in einem so stark gestörten Gebiete, wie es im Leinethale vorliegt, ein von keinerlei Auswaschung betroffenes Lager von leicht löslichen Salzen vorhanden sein kann, welches durch Gyps, Anhydrit und Salzthon gegen das Eindringen von Süßwasser aus dem von Spalten durchsetzten Buntsand-

stein völlig geschützt geblieben ist. Zugleich räumt dieses Bohrloch ein für allemal auf mit der von mir bereits früher bekämpften Ansicht, dass die sogenannten secundären Kalisalze (Sylvin, Sylvinit u. s. w.) stets entstanden sein müssen durch ein nachträgliches Eindringen von Susswasser in ein Carnallitlager auf den Spalten des Deckgebirges¹⁾. Es lässt sich übrigens fast jedes Bohrprofil einer Tiefbohrung auf Kalisalze in der Provinz Hannover als Beweis gegen diese Ansicht anführen, da an den meisten Stellen Sylvin und sylvinitische Salzgemenge, zum Theil ohne eine Spur von Carnallit, mitten im jüngeren (bunten) Steinsalz lagern, und zwar ohne irgend welche Beziehungen zu der Sattelhöhe oder zu sonstigen tektonischen Verhältnissen.

Das Bohrloch Freden stand am Rande der grabenartigen Versenkung, in welcher das Leinethal ausgewaschen ist, 25 m über der Thalsole, da, wo die abgebrochenen Schichtenköpfe des unteren Buntsandsteins nur eine geringe Lehmbedeckung tragen. Die Schichtenfolge ist durchaus normal und nichts liess vermuthen, dass ein annähernd im Streichen angesetztes zweites Bohrloch in 3 km Entfernung von Freden ganz andere Verhältnisse aufdecken würde.

Als zweite Bohrstelle wurde das Dorf Meimerhausen gewählt, kurz über dem dort zu Tage tretenden Gypsstock, der zuerst von Wermbter die richtige Deutung als Zechsteingyps erfahren hat²⁾. Derselbe wurde als die durch ein entsprechendes Ansteigen der Sattellinie zu Tage tretende Fortsetzung des in Freden bei 173 m Teufe angebohrten Gyps- und Anhydritlagers angesehen. Die im vergangenen Jahre ausgeführte Bohrung hat nun die nachfolgenden Ergebnisse geliefert und zwar beruhen diese Angaben wieder auf meiner eigenen Untersuchung der erzielten Bohrkerne:

0—17	=	17 m	Lehm, Sand und Gehängeschutt.
17—75	=	58 „	Buntsandstein.
75—164	=	89 „	Gyps und Anhydrit.
164—174	=	10 „	Salzthon.
174—195	=	21 „	unreiner thoniger Gyps.
195—506	=	311 „	graues Salz mit wenigen Anhydritbanken, zum Theil mit flockenartig darin vertheiltem Anhydrit, abwechselnd hell und dunkler gefärbt, durchweg kalihaltig.
506—540,5	=	34,5 „	Carnallit mit einem nesterförmig eingelagerten Steinsalzmittel.
540,5—559,2	=	18,7 „	Steinsalz von röthlicher und gelblicher Färbung.

¹⁾ Vergl. Kloos, Die neueren Aufschlüsse über die Ausdehnung der Kali- und Magnesiumsalzlagerstätten, mit besonderer Berücksichtigung der Provinz Hannover in Zeitschr. f. prakt. Geologie 1895, Heft 3, S. 118.

²⁾ Vergl. Wermbter, l. c. S. 287.

- 559,2—560 = 0,8 m Anhydrit, dicht, dunkel, gefärbt.
 560—561 = 1,0 „ zerriebener schieferiger Thon von schwarzer und brauner Farbe mit vielen Rutschflächen und Spiegeln, sieht dem Gangthonschiefer ähnlich.
 561—593 = 32,0 „ *Buntsandstein*, Platten von quarzitischem Sandstein, etwas kalkhaltig, mit grünlichen Lettenschiefern wechsellagernd.

Dieses gänzlich unvermuthete Wiederauftreten des bunten Sandsteins in einer Teufe von 561 m unter der Erdoberfläche kann in keiner anderen Weise als durch eine seitliche Ueberschiebung von in noch grösserer Tiefe durchgerissenen Schichten gedeutet werden. Die Ueberschiebungskluft ist in den Bohrkernen ganz unverkennbar gewesen, und liess sich der als Ausfüllung derselben auftretende dunkle schieferige Thon durch die zahllosen Quetsch- und krummschaligen Absonderungsflächen sehr deutlich von den glattgeschichteten Lettenschiefern des bunten Sandsteins unterscheiden.

Im Hangenden dieser in einer verticalen Mächtigkeit von 1 m durchbohrten Kluft herrschte in den oberen Gebirgslagen ein Einfallen von 35° . Kurz über der Kluft liessen die Bohrkern in der Carnallitregion, namentlich durch den eingelagerten Anhydrit, den Einfallswinkel von 45° deutlich erkennen. Der schieferige Thon in der Kluft selbst verwies auf ein sehr steiles, wenigstens 60° betragendes Einfallen, und im Liegenden der Ueberschiebung war an den Sandsteinen und Lettenschiefern ein Einfallen von 40° deutlich abzulesen.

Zu dem im Liegenden der Ueberschiebung auftretenden bunten Sandstein gehören wahrscheinlich die stark verwitterten mürben Sandsteinschichten, welche in bedeutend tieferer Lage als der Gyps, aber mit sehr undeutlichen Lagerungsverhältnissen am Steilabhang der Leine bei Meimerhausen auftreten. Sie wurden von mir ursprünglich als eine abgerutschte Partie angesehen, und haben früheren Beobachtern (Roemer, Brauns) Veranlassung gegeben, den Gyps als Einlagerung im Buntsandstein selbst aufzufassen¹⁾. Vergleichen wir das Bohrprofil Meimerhausen mit demjenigen von Freden, so müssen wir für die letztere Bohrung annehmen, dass sie im Liegenden der Ueberschiebungskluft, demnach in dem stehen gebliebenen (nicht überschobenen) Gebirgsstücke stattgefunden hat. Es würde dies das auch aus den Bohrkernen und den Lagerungsverhältnissen bei Meimerhausen zu entnehmende steile Einfallen der Ueberschiebungskluft in nordöstlicher Richtung bestätigen.

Die Bohrungen der Gewerkschaft „Hohenzollern“ wurden im vergangenen Jahre am jenseitigen Leineufer auf dem Gegenflügel des Fredener-Meimerhäuser-Sattels fortgesetzt, und zwar zunächst beim

¹⁾ Wernbter, 1 c. S. 287.

Dorfe Dehnsen. Da hier mehrfach Aufschlüsse im Buntsandstein vorhanden sind, konnte an der Bohrstelle das geognostische Niveau genau festgestellt werden.

Es treten hier in einem Steilhange unmittelbar beim Dorfe, die abgerissenen Schichten der mittleren Abtheilung des genannten Formationsgliedes mit einem südwestlichen Einfallen von 35° zu Tage. In einem alten Wasserriss daselbst fand ich grünliche und graue, mit Sandsteinbänken abwechselnde Lettenschiefer auf, welche zahlreiche Abdrücke der *Estheria minuta* (*Posidonia Alberti* Voltz) enthalten, und demnach nach meinen Erfahrungen einem tiefen Horizont im mittleren Buntsandstein angehören.

Es sind an dieser Stelle unter der Thalsohle die nachfolgenden Schichten erbohrt worden:

0—20	= 20 m	Lehm und Schotter.
20—470	= 450 „	Sandstein und Letten, jedenfalls zum grösseren Theile dem unteren Buntsandstein angehörend.
470—486	= 16 „	Salzthon.
486—498	= 12 „	buntes Steinsalz.
498—524	= 26 „	Salzthon.
524—560	= 36 „	Steinsalz mit Anhydrit- und Salzthoneinlagerungen.
560—569	= 9 „	Salzthon.
569—652,5	= 83,5 „	Steinsalz mit Anhydrit- und Salzthoneinlagerungen.
652,5—701,5	= 49 „	Anhydrit mit Carnalliteinsprengungen.
701,5—704,5	= 3 „	Carnallit mit eingesprengten Sylvinkrystallen.
704,5—800	= 95,5 „	Steinsalz mit Anhydriteinlagerungen und Carnallitnestern.
800—807,5	= 7,5 „	Carnallit, gegen das Liegende der Einlagerung vorwiegend Sylvin.
807,5—853,0	= 45,5 „	Steinsalz.
853—876,5	= 23,5 „	Carnallit, mit mehreren starken Einlagerungen von Steinsalz.
876,5—880,5	= 4 „	Steinsalz.
880,5—881,7	= 1,2 „	Anhydrit.
881,7—882,4	= 0,7 „	Thon von vorwiegend grünlicher Färbung mit vielen Quetsch- und Rutschflächen (Spaltenausfüllung).
882,4—919	= 36,5 „	<i>Buntsandstein.</i>

Hier steht die Bohrung demnach ebenfalls in einer, diesmal von Südwest übergeschobenen, 882 m mächtigen Gebirgspartie. Die Ueberschiebungskluft hat sich auch in diesem Falle aufs Deutlichste gezeigt,

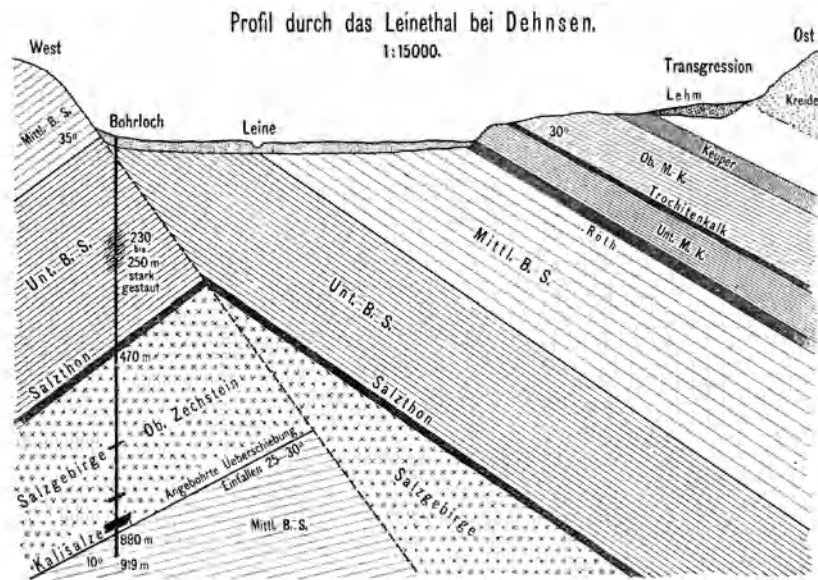
und der die Kluft ausfüllende Thon hat durchaus den Charakter einer völlig zerriebenen und mechanisch deformirten Bildung. Der im Liegenden der Kluft angebohrte Sandstein wechsellagert mit rothen, grün getupften Lettenschiefern und ist etwas kalkhaltig, gehört aber trotzdem nach Analogie mit anderen Bohrlöchern in der Provinz Hannover einem recht hohen Niveau in der Buntsandsteinformation an. Die Schichten liegen im Gegensatz zu denjenigen im Hangenden der Kluft sehr flach; es konnte verschiedentlich ein Einfallswinkel von 10° an den Kernen beobachtet werden.

Nachdem durch die Bohrungen auf den beiden Flügeln des Buntsandsteinsattels im unteren Leinethale so bedeutende Ueberschiebungen aufgedeckt sind, lässt sich die Ansicht einer verticalen, abwärts gerichteten Verschiebung an einer aufgeborstenen Sattelspalte nicht mehr aufrecht erhalten. Es zeigt sich im Gegentheil, dass der hochliegende Buntsandstein der bewegte, anstatt der stehengebliebene Gebirgstheil ist, und dass östlich von Alfeld der tief liegende Südflügel, sowie westlich von dieser Stadt der ebenso tief liegende Nordflügel nicht gesunken, sondern entweder bei der Bewegung passiv geblieben ist oder sich ebenfalls nach aufwärts bewegt hat. Ueber die Ausdehnung dieser gewaltigen streichenden Gebirgsstörungen ist noch wenig bekannt; dieselben sollten von dem nunmehr auch im Leinethale eingeleiteten Kalibergbau aufs Sorgfältigste beachtet werden. Dass diese weit fortsetzenden und auch in das Salzlager gehenden Ueberschiebungsklüfte keinen Einfluss auf die Salze selbst gehabt haben, geht aus den Ergebnissen der Bohrungen hervor und ist jedenfalls eine Folge ihrer Ausfüllung durch einen völlig undurchlässigen, durch den starken Druck äusserst compact gewordenen Thon; es könnten sonst diese Salze nicht völlig ungestört angetroffen worden sein.

Es kommt nun darauf an, auf Grund der in der Tiefe ermittelten Verhältnisse die Verbindung herzustellen zwischen den beiden Flügeln des Buntsandsteinsattels im Leinethale von Freden bis Dehnsen, eine Entfernung von 13 Kilometer. Ich habe dies in den umstehenden, nach Länge und Höhe maassstäblich aufgetragenen Profilen versucht. Dabei ist jedoch nicht angenommen worden, dass die Ueberschiebungskluft von Meimerhausen bis Dehnsen fortsetzt. Da wir es hier doch wahrscheinlich mit einer *streichenden* Verwerfung zu thun haben, welche genau der Richtung des Zuges folgt, ist es vielmehr wahrscheinlich, dass dieselbe zwar über das Leinethal hinweg, aber südlich vom Schleeberg bei Alfeld durchgeht und dort ausläuft. Die in nur annähernd gleicher Richtung einfallende Ueberschiebung bei Dehnsen geht vermuthlich dem Höhenzuge des K ülfs parallel und bildet einen stumpfen Winkel mit der ersten Störung. Am rothen Berge zwischen Limmer und Dehnsen sind steilstehende Kalksandsteine und Rogensteine mit nordöstlichem Einfallen unmittelbar dem bedeutend

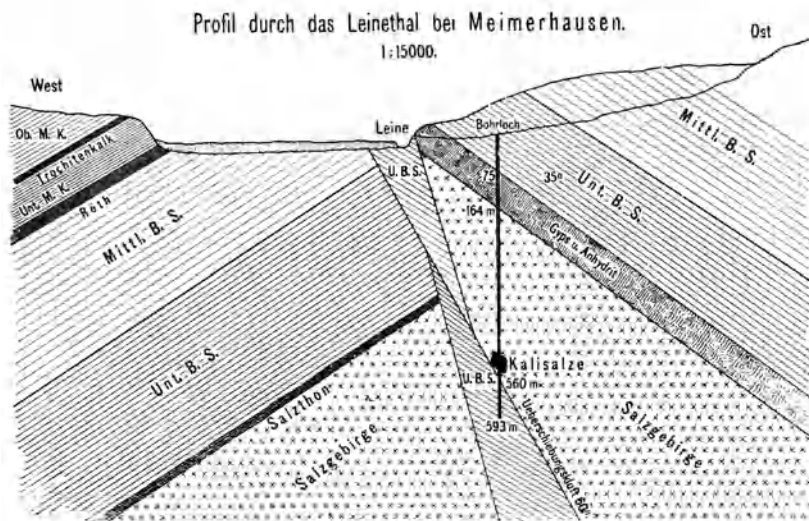
flacher, südwestlich einfallenden mittleren Buntsandstein angelagert. Es zieht sich dort der übergeschobene Theil des östlichen Flügels höher an den westlichen hinauf, als dies unmittelbar bei Dehnsen an der Stelle des Bohrloches der Fall ist.

Fig. 1.



Es sind diese Verhältnisse in neuester Zeit mit Rücksicht auf den Ansatzpunkt eines zweiten Bohrloches bei Dehnsen noch näher durch tiefe Schürfungen klargestellt worden, indem sich dies aus dem Befund

Fig. 2.



des ersten Bohrloches wegen der Meisselbohrung in den oberen Teufen nicht ergeben konnte.

Durch die in den Profilen niedergelegte Construction der tektonischen Verhältnisse in diesem Theile des Leinethales erklärt sich nun

auch ungezwungen das verschiedene Verhalten der beiden Flügel über Tage nördlich und südlich von Alfeld, ohne dass man nöthig hat, eine durch nichts bewiesene Querverwerfung anzunehmen. Dass ausser der Hauptüberschiebungskluft, an welcher der Ostflügel auf den westlichen hinaufgeschoben ist, noch andere Brüche vorhanden sind, die sich mit ersterer schaaren oder sie kreuzen, ist sehr verständlich. Bei Meimerhausen macht schon das Auftreten des Buntsandsteins über Tage im Liegenden des Gypses dies wahrscheinlich und ist in dem Profil auch berücksichtigt worden.

Ob man die ganze Lagerung als die Folge einer stark nach Westen übergebogenen, an der Ueberschiebungskluft zerrissenen und grösstentheils zerstörten Faltung ansieht, ist wohl im Grunde gleichgültig. Durch Annahme einer einfachen Falte lassen sich die Verhältnisse jedoch nicht erklären, indem der mit dem Dehnser Bohrloch in 882 m wiederum angetroffene Buntsandstein mit einer solchen Falte, wie das Profil zeigt, nicht in Verbindung gebracht werden kann, auch wenn man die Richtung dieser zweiten Ueberschiebung im entgegengesetzten Sinne annimmt. Wichtig ist es, dass ganz vor kurzem eine bei Banteln bedeutend weiter nach dem Hangenden angesetzte Bohrung¹⁾ in einer Tiefe von 896 m ebenfalls eine Ueberschiebung angetroffen hat, indem unter einem über 200 m mächtigen Steinsalzlager mit Kalisalzteinlagerungen wieder Buntsandstein auftrat. Es lässt sich noch nicht übersehen, ob wir es hier mit der Dehnser Ueberschiebung auf dem Westflügel oder mit einer anderen Störung zu thun haben.

Allem Anschein nach haben die Ueberschiebungen im nord- und mitteldeutschen Triasgebiete eine sehr grosse Verbreitung. In vielen Fällen wird die Verbindung der beiden Flügel eines Buntsandsteinsattels durch eine Ueberschiebungskluft vermittelt und gehen derselben dann auf einem oder auf beiden Flügeln noch mehrere dergleichen ganz oder annähernd parallel.

2. Die Tiefbohrungen am Benther Berge bei Hannover.

Die nächste Umgegend der Stadt Hannover und namentlich der südliche und südwestliche Theil derselben ist bereits seit den Zeiten Friedrich Hoffmann's Gegenstand eingehender geologischer Untersuchungen gewesen. Das Gebiet ist sowohl in paläontologischer als in stratigraphischer Beziehung als ein besonders fruchtbares bekannt. Auch in technischer Hinsicht nimmt dasselbe eine hervorragende Stellung im nordwestdeutschen Hugellande ein, indem ausser der Gewinnung von Baumaterialien für die alte Haupt- und Residenz-

¹⁾ Nach den Mittheilungen des Bergingenieurs Spengler von der Bohrgesellschaft „Eime“.

stadt hier die Ausbeute von Kohlen und Asphalt, sowie der Salinenbetrieb einen grossen Aufschwung genommen haben.

In der neueren Zeit haben die Tiefbohrungen auf Kalisalze auf ihrem Zuge nach Westen bei der Verfolgung der einzelnen Buntsandsteininseln auf kurze Zeit am Bentherr Berge, dicht vor den Thoren Hannovers, Halt gemacht. Sobald dieselben aber Erfolg hatten und nach einigen misslungenen Versuchen Kalisalzgemenge von allerdings noch sehr zweifelhafter Bedeutung angebohrt waren, setzten die Bohrunternehmer ihre gewinnbringende Wanderung fort, klammerten sich eine Zeit lang an die winzige Buntsandsteinscholle bei Wunstorf und errichteten ihre Bohrthürme schliesslich auf den letzten triasischen Erhebungen in der Umgegend von Osnabrück.

Von sämmtlichen Höhenzügen in der Umgegend Hannovers bis zum Deister erreicht der Bentherr Berg die grösste Meereshöhe von 165 m in der als Adolphshöhe bekannten Kuppe, und erhebt sich um 75 m über die Thalsole bei Everloh. Er besteht aus den Schichten des mittleren und unteren Buntsandsteins in steil aufgerichteter Stellung; auf denselben lagert der Lösslehm, welcher das feste Gestein bis zur höchsten Kuppe grösstentheils verdeckt, und von Heinr. Credner und Anderen für Röth angesehen ist. Die steile Schichtenstellung des bunten Sandsteins war auch Friedr. Hoffmann nicht entgangen, während Credner in den Erläuterungen zu seiner geognostischen Karte der Umgegend von Hannover vom Jahre 1865 merkwürdigerweise nur von dem steilen Schichten-einfallen am westlichen Abhange des Bentherr Berges redet, während er an der Ostseite ein Einfallen unter 15 bis 20° erwähnt. Ausserdem giebt derselbe die Einfallrichtungen verkehrt an und construirt demgemäss ein unrichtiges Profil, welches den Berg als sattelförmige Erhebung darstellt. In demselben wird der östliche Flügel ungestört mit flachem Einfallen gegen die hannoversche Ebene dargestellt, während der westliche Flügel mit steilem Einfallen von Spalten zerstückelt wird, an deren westlichsten der grösste Theil des Muschelkalkes abgesunken ist.

Mehrfache Begehungen des Bentherr Berges überzeugten mich, dass in der Tektonik dieses Höhenzuges das Beispiel einer fächerförmigen Schichtenstellung vorliegt, wie sie in dem norddeutschen Schollengebirge recht selten ist. Bekanntlich bildet die Fächergestalt eine bereits von Naumann unterschiedene Hauptlagerungsform in den intensiv gefalteten Gebirgen, wie z. B. in den Alpen, ist aber sonst bis jetzt wohl nur ganz vereinzelt und in kleinem Maassstabe bekannt geworden. Ausser am Bentherr Berge fand ich die fächerförmige Schichtenstellung in dem stark gestauten, und durch Ueberschiebungen mehrfach gestörten Höhenzuge von Salzgitter, speciell bei Othfresen, in grossartiger Weise entwickelt.

Steigt man im Dorfe Benthe, welches hart am östlichen Fusse des Berges gleichen Namens liegt, durch den Hohlweg zur Wirthschaft Erichsruhe hinauf, so werden alsbald die kalkhaltigen Schichten der unteren Abtheilung der Buntsandsteinformation unter der mächtigen Lehmbedeckung ersichtlich. Dieselben fallen zunächst unter 30° gegen den Berg, daher nach Westen ein; der Einfallswinkel nimmt aber rasch zu und die hangendsten Schichten in dem entblösten Profil haben bereits einen Einfallswinkel von 70° .

In der Hoffnung, dass das flachere Einfallen in der Tiefe anhalten würde, und die Zechsteinsalze demnach bald erreicht werden könnten, setzte die Bohrgesellschaft „Benthe“ im Jahre 1895 dicht an dem durch den erwähnten Hohlweg geschaffenen Aufschluss ein Bohrloch im äussersten Liegenden der zu Tage tretenden Kalksandsteinschichten hart am östlichen Fusse des Berges an. Das Einfallen betrug nahe an der Oberfläche nur 30° bis 40° und nahm mit zunehmender Teufe bis 50° zu. Die Bohrung traf alsbald auf stark klüftiges Gebirge und stand vielleicht schon von 50 m an in einer von Letten mit Gypsschnüren ausgefüllten Verwerfungsspalte, in welcher sie bis 160 m verblieb. Nachdem wieder feste Schichten durchsunken waren, erhielten die Bohrkerne bei 260 m völlig das Aussehen einer Reibungsbreccie, wie man solche in dem gestörten Buntsandstein bei den Tiefbohrungen bereits häufig angetroffen hat. Jedenfalls hat dieses Bohrloch demnach in einer stark dislocirten Partie des Deckgebirges gestanden.

Bei 360 m wurde der Gyps, in 380 m der erste Salzthon erreicht, und war in demselben wieder ein Einfallen von nur 30° ersichtlich. Das unter dem Salzthon angetroffene bunte, vorwiegend rothe Salz ist durchweg sehr unrein, namentlich stark eisenhaltig und streifig gewesen, stellenweise war auch hier Breccienstructur ersichtlich, und trat das Salz ganz unvermittelt in deutlichster Weise mit sehr steiler Schichtenstellung auf; das Einfallen betrug durchschnittlich 70° , und wurde bis über 800 m verfolgt. Einlagerungen von Kalisalzen sind nicht angetroffen worden, dagegen hatte das Steinsalz durchweg einen bemerkenswerthen, obgleich stark wechselnden Gehalt an Chlorkalium, der bis zu 6,50 Proc. gefunden wurde.

An dem östlichen (Ronnenberger) Flügel des breiten Luftsattels betheilt sich der Buntsandstein nur in untergeordneter Weise und tritt nur am südlichen Fuss des Hohenzuges der Röth im sogenannten Bettenser Garten zu Tage. Die geringe Erhebung über die Thalsole wird durch die festen Schichten des oberen Muschelkalkes herbeigeführt. Derselbe ist hier durch eine Reihe von Steinbrüchen aufgeschlossen. Die Schichten streichen genau wie der Buntsandstein in der südlichen Hälfte des Benthers Berges h. $1\frac{1}{2}$ bis 2 und fallen unter 28° bis 30° östlich ein. Verwerfungen von geringer Sprunghöhe durchqueren die Schichten des Trochiten- und Nodosenkalkes, und deuten darauf hin,

dass der Ostflügel des Sattels ebenfalls nicht ungestört, wenn auch weniger gestaut ist als der westliche Flügel.

Bei den Schürfungen, die im Herbst 1894 zur Bestimmung des ersten Bohrpunktes am östlichen Abhange des Benther Berges für die Bohrgesellschaft „Benthe“ gemacht worden sind, liess sich das umlaufende Streichen, welches bereits in der Form des Höhenzuges auf einer topographischen Karte deutlich in Erscheinung tritt, genau verfolgen. In dem Hohlwege unter Erichsruhe verläuft das Schichtenstreichen in h. 2 bis $2\frac{1}{4}$. Die Schichten, welche durch den tiefen aber trockenen Brunnen der Wirthschaft „Erichsruhe“ aufgeschlossen sind, streichen h. 3; das gleiche Streichen las ich in den diesem Brunnen zunächst liegenden Schürfungen ab, während in 1000 m Entfernung nach Norden die durch ein tiefes Schurfloch entblösten Rogensteinschichten bereits in h. 5 gerichtet waren. Das Einfallen an diesem östlichen Abhange des Berges bleibt stets westlich und zwar unter 50° bis 60° .

Das letzte Schurfloch endlich nahe dem nördlichen Ende des Berges ergab ein Streichen in h. $7\frac{1}{2}$ der unter 2 m Lehm anstehenden Rogensteinschichten und dolomitischen Bänke, die hier 35° nördlich einfielen.

Das nördliche Drittel des Bergrückens ist stark gekrümmt und um 40° aus der Hauptrichtung nach Osten hin abgelenkt. An der Aussenseite des Bogens an und über dem Wege, der von Badenstedt nach Lenthe führt sowie in einem kleinen verlassenen Steinbruche im Walde, lässt sich überall ein ostwestliches Streichen (h. 6 bis 7) mit nördlichem Einfallen gegen die Ebene beobachten. Ich erwähne hier ausdrücklich diese Beobachtungen, aus welchen die allmählich aus einer südnördlichen in eine westöstliche Richtung verlaufende Stellung der Schichten unwiderleglich hervorgeht, weil in einem Artikel über die Aufschlüsse der Bohrlöcher am Benther Berge Herr Regierungsbaumeister Hoyer in Hannover¹⁾ eine von der meinigen principiell verschiedene Ansicht vertritt. Hoyer will den Benther Berg als regelmässig streichenden Theil eines Flügels nicht anerkennen, sondern hat die Ansicht aufgestellt, dass derselbe als Einsturz hangender Schichten in eine Spalte aufzufassen sei. Zu dieser Ansicht wurde derselbe dadurch veranlasst, dass die Schichten, an manchen Punkten regellos neben einander gelagert, alle möglichen Einfallrichtungen besitzen sollen.

Es mag ja sein, dass in irgend einem oberflächlichen Aufschlusse am Berge, welcher entweder noch jetzt offen oder bereits wieder verschuttet ist, eine Abweichung von dem durch die Schurfversuche der

¹⁾ In *Industrie*, Fachzeitung für Kohlen- und Kalbergbau, VIII. Jahrg., Nr. 8, von diesem Jahre S. 146.

neuesten Zeit festgestellten, regelrecht umlaufenden Streichen stattfindet. Es können ja, wie bekannt, namentlich bei steil gegen den Berg einfallenden, stark gestauten dünnplattigen Schichten, mancherlei Ursachen dazu beitragen, oberflächliche Aenderungen in der ursprünglichen Stellung hervorzurufen. Die Ansicht aber, dass der Benther Berg eine aus dem Zusammenhange mit dem übrigen Theile des Sattels gebrachte eingestürzte Scholle sei, wird durch das dem Ronnenberger Höhenzuge parallel verlaufende Streichen, namentlich aber auch durch die noch zu erwähnenden Tiefbohrungen widerlegt, und bestätigen diese im Verein mit den Beobachtungen über Tage die Auffassung, dass der Berg ein fächerförmig zusammengeschobener, stehen gebliebener Theil des Westflügels ist, der durch die grosse, mit Grabenversenkung verbundene Querverwerfung bei Everloh nach Süden und Westen abgeschnitten wird.

In nördlicher Richtung dagegen hat eine starke Erosion der hufeisenförmig gekrümmten Schichten stattgefunden, welche ursprünglich mit dem östlichen (Ronnenberger) Flügel im Zusammenhange gestanden haben. Diese Ansicht, welche man bereits lediglich durch Berücksichtigung der Terrainverhältnisse erhält, findet eine Bestätigung in den geologischen Verhältnissen, indem bereits bei Empelde und Badenstedt Lias und Keuper auftreten.

Das Auftreten des bunten Keupers in Badenstedt, wie es vor kurzem wieder durch Ausgrabungen für Bauten nachgewiesen ist, sowie die Vertheilung der noch jüngeren Schichten (Jura und Kreide) in den Feldmarken zwischen Hannover und dem Benther Berge, wie bereits aus der Credner'schen geognostischen Karte von 1865 ersichtlich, deuten darauf hin, dass es gänzlich vergeblich ist an der Aussenseite des Sattels von Bente-Ronnenberg und dessen hufeisenförmiger Krümmung, in den Feldmarken Badenstedt und Davenstedt, durch Tiefbohrungen diejenigen Schichten erreichen zu wollen, welche älter sind, als der Buntsandstein, und denen gegenwärtig der Kalisalze wegen auch im nordwestlichen Deutschland so fleissig nachgestellt wird.

Sobald man den Kamm des Höhenzuges überschritten hat, zeigt der bunte Sandstein, unter Beibehaltung seiner steilen Schichtenstellung, entsprechend der fächerförmigen Lagerung, ein östliches Einfallen, so z. B. in dem alten Steinbruche im Walde am westlichen Abhange, wo ich das Streichen in h. $1\frac{1}{2}$ und ein östliches Einfallen von 45° constatiren konnte. Der Röth ist bei der starken Waldbedeckung nicht sichtbar. Ob er überhaupt an die Oberfläche tritt, oder in Folge einer Ueberschiebung des mittleren Buntsandsteins auf den Muschelkalk bzw. einer Unterschiebung des Muschelkalkes unter den bunten Sandstein in der Tiefe zu suchen ist, lässt sich nicht entscheiden. Diese Entscheidung hätte durch das erste Bohrloch

der Gesellschaft „Benther Berg“ gebracht werden können, wenn dasselbe von Anfang an mit der Diamantkrone niedergebracht wäre. Die Meißelbohrung kam bei 67,5 m (nach Angabe des Herrn Bergmeisters Borchardt) in den Wellenkalk, dessen unter 80° einfallende Schichten in der Tiefe die Fortsetzung bilden des Aufschlusses am Waldrande östlich und südöstlich von Northen, wo in dem nördlichen Steinbruche die Schichten bei einem Streichen in h. 2 $\frac{1}{2}$ unter 85°, in dem südlichsten Aufschlusse bei h. 2 Streichen unter 55° und zwar westlich einfallen. Der erste Kern ist bei 107,5 m gezogen worden und bestand in der unzweideutigsten Weise aus Wellenkalk, während die Bohrung im mittleren Buntsandstein angesetzt war. Der Meißel gab weder Aufschluss über das Vorhandensein des Röths noch über eine etwa durchteufte Ueberschiebungskluft. Eine solche ist jedoch höchst wahrscheinlich angetroffen worden, da das Bohrmehl bereits in geringer Teufe den Muschelkalk anzeigte, die Röthmergel daher nur in ganz schwacher Entwicklung durchbohrt sein können. Es deutet dies demnach auf das Vorhandensein der bereits von Credner in das Profil, jedoch nicht ganz richtig eingezeichneten Verwerfung. Der unmittelbar bei Northen an einem Erdfall aufgeschlossene Nodosenkalk streicht senkrecht gegen den Höhenzug und hat ein Einfallen von 80° gegen Nordost. *Diese* von der Richtung des Höhenzuges und des ganzen Schichtensystems völlig abweichende Schichtenstellung wird vermuthlich durch einen Einsturz in eine ausgewaschene Spalte herbeigeführt und hat wahrscheinlich nur eine locale Bedeutung.

Der zwischen Benthe und Ronnenberg 3 km breite Sattel ist, wie die Tiefbohrungen gezeigt haben, bis auf den Zechsteingyps ausgewaschen. An Stelle der erodirten Triasschichten finden sich in annähernd 100 m Mächtigkeit lockere Bildungen der Tertiär- und Quartärzeit. Zu den ersteren gehören die farbigen Thone und Bausande, welche im Dorfe Benthe ausgegraben werden, sowie die in einem Bohrloche der Gesellschaft „Benther Berg“ aufgeschlossenen Braunkohlen. Das Diluvium wird durch Blocklehm, Geschiebesand und geschiebefreien Lehm vertreten.

Das Bohrloch III der Gesellschaft „Benthe“ zeigte das nachfolgende Bohrprofil:

Von	0,0— 19,0 m	Lehm, Thon und Sand.
„	19,0— 89,0 „	Grünsand, bunter Thon, zum Theil mit Phosphoritknollen und Quarzgeschieben, grauer Thon mit Gypsstücken, zu unterst grauer thoniger Sand.
„	89,0—199,0 „	Gyps, zum Theil mit Breccienstructur.
„	199,0—206,0 „	graue Letten.
„	206,0—887,0 „	Steinsalz mit Anhydritbänken und Einlagerungen von sylvinitischen Kalisalzen.

Dieses Bohrloch stand annähernd 500 m weiter vom Benthelberge als Bohrloch II; der Einfallswinkel der durchteuften Schichten konnte an den Bohrkernen in verschiedenen Niveaus festgestellt werden. Abgesehen vom Gyps, wo dieser starken Schwankungen unterworfen war, maass ich durchweg Winkel von 60° bis 70°.

Buntsandstein ist gar nicht angetroffen worden, ebenso wenig wie mit den anderen Bohrlöchern, welche zwischen Benthelberge und Ronnenberg später niedergebracht sind. Da in denselben der Gyps in annähernd gleicher Teufe angebohrt wurde, scheint ein sehr breiter Sattellücken vorhanden zu sein; es deutet hierauf auch die bedeutende Entfernung des Ronnenberger Muschelkalkzuges vom Benthelberge.

Jedenfalls sind die beiden Sattelfügel des Triaszuges von Benthelberge-Ronnenberg sehr verschieden gebaut und im höchsten Grade unsymmetrisch gestaltet.

Weitere Belege für meine Auffassung der Lagerungsverhältnisse am Benthelberge liefern die nachfolgenden, von Herrn Bergmeister a. D. H. Borchart zu Braunschweig gütigst mitgetheilten Bohrprofile der Bohrgesellschaft „Benthelberg“.

Profile der Bohrungen der Bohrgesellschaft „Benthelberg“ unweit Hannover.

1. Die Bohrung I am Westabhänge des Berges, ausgeführt vom 11. März bis 10. Juni 1895.

Von 0 — 67,5 m mittlerer Buntsandstein, dickplattig, grobkornig, glimmerarm und tiefroth gefärbt; 37° *östliches* Einfallen.

[Ob zuletzt oberer Buntsandstein (Röth) vorhanden, konnte bei der Meisselbohrung nicht ohne weiteres erkannt werden.]

„ 67,5—163,7 „ blaugrauer, fein geschichteter Mergel, von dünnen Kalklagen durchzogen und von Schwefelkies durchsprengt.

[Die Schichten des Mergels (unterer Muschelkalk) fallen sehr steil, unter 80°, ein.]

Bemerkung Die Bohrung wurde bis 107,5 m Tiefe mit dem frei fallenden Meissel, von hier ab mit der rotirenden Diamantkrone ausgeführt.

2. Bohrung II am östlichen Abfalle des Benthel Berges, ausgeführt vom 28. September 1895 bis 1. August 1896.

Von 0,0— 48,0 m Gehängeschutt und weiche bunte Letten mit Sandsteinrinden, Spaltenausfüllung.

Von	48,0—309,0 m	rothe Buntsandsteinletten mit Schaumgyps (von 301,05 m ab Diamantkernbohrung), Einfallen 72°.
„	309,0—310,0 „	Trümmer von Buntsandstein (Breccie).
„	310,0—330,0 „	Buntsandstein mit viel späthigem Gyps, sehr spaltbar in den Schichtflächen.
„	330,0—336,0 „	grauer Kalkmergel.
„	336,0—372,8 „	fein geschichtete Schieferletten mit viel späthigem Gyps.
„	372,8—380,0 „	feinkörniger grauer Gyps von Schieferletten durchzogen.
„	380,0—442,0 „	dichter und compacter Buntsandstein, nicht spaltbar, von Gyps quer durchsetzt; 69° Einfallen gegen West.
„	442,0—444,0 „	hellgrauer fester Dolomit.
„	444,0—485,0 „	dichter, fein geadeter Buntsandstein, wenig spaltbar, zuweilen schwache Einlagerungen von Dolomit und wenig späthigem Gyps.
„	485,0—548,4 „	dichter, gemaseter Buntsandstein mit allmählich zunehmenden Steinsalzschnüren bis zu 10 mm Stärke; Einfallen 70° gegen West.

Bemerkung. Ob der Uebergang des lockeren in das feste Gestein thatsächlich bei 48,0 m Tiefe erfolgte, war mit Bestimmtheit nicht zu erkennen.

Das Bohrloch II hatte eine ähnliche Lage zum Benter Berge, als das Bohrloch der Gesellschaft „Benthe“, von welchem auf S. 261 die Rede gewesen ist. Es ist jedoch aus dem Buntsandstein nicht herausgekommen, indem es hart an dem Salzstocke vorbeigeführt ist.

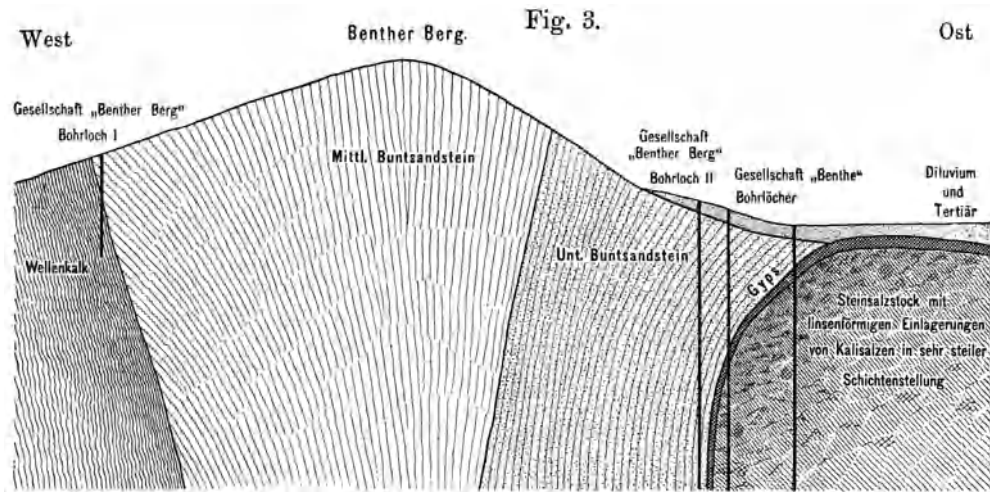
3. Bohrung III am östlichen Fusse des Benter Berges, ausgeführt im Jahre 1896.

Von	0,0 — 0,5 m	Ackererde.
„	0,5 — 9,0 „	sandiger Lehm.
„	9,0 — 11,5 „	Sand mit Bruchstücken von Buntsandstein, Gehängeschutt.
„	11,5 — 15,5 „	feiner gelber Sand.
„	15,5 — 16,0 „	grober Kies.
„	16,0 — 17,5 „	zäher Lehm.
„	17,5 — 19,25 „	Kies und Sand.
„	19,25— 23,25 „	grober Kies mit erratischen Geschieben.
„	23,25— 24,75 „	gelbbrauner thoniger Sand.
„	24,75— 43,45 „	blaugruener Thon mit rothen Einlagerungen.
„	43,45— 55,94 „	Gelber Thon, zum Theil plastisch, zum Theil mit Kieseinlagerungen.
„	55,94— 73,5 „	dunkelgrüne sandige Thone.

Von	73,5 — 86,25 m	bläulichschwarzer bituminöser Thon mit Braunkohlenpartikeln und Schwefelkies.
„	86,25—101,75 „	gröberer und feinerer Kies und Sand.
„	101,75—105,0 „	dunkler bituminöser Thon.
„	105,0 —106,4 „	Braunkohle.
„	106,4 —108,6 „	feiner grügelber thoniger Sand.
„	108,6 —116,45 „	grauer sandiger Thon und Sand.
„	116,45—119,0 „	desgl. mit braunem bituminösem Thon.
„	119,0 —122,0 „	Braunkohle.
„	122,0 —131,0 „	graubrauner Sand mit hellfarbigen Thonen.
„	131,0 —134,0 „	grauer Sand, schwimmend.
„	134,0 —144,0 „	Braunkohle.
„	144,0 —145,5 „	feiner plastischer bräunlicher Thon.
„	145,5 —149,0 „	weisser reiner Pfeifenthon.
„	149,0 —151,0 „	weisser thoniger Sand.
„	151,0 —158,0 „	reiner Quarzsand.
„	158,0 —174,0 „	Sand, braungelb, von braunem Thon durchsetzt, mit abgerundeten und eckigen Geschieben von Quarz etc.
„	174,0 —176,0 „	braungelber sandiger Thon mit Geröllen.
„	176,0 —192,0 „	grauer und gelber Sand mit haselnussgrossen Quarzstückchen.
„	192,0 —192,4 „	grober Kies und schmieriger Thon von grüner Farbe.
„	192,4 —195,5 „	feiner hellgrauer Quarzsand.
„	195,5 —196,6 „	grober Kies.
„	196,6 —217,5 „	dunkelgrauer, zuletzt graugrüner thoniger Sand.
„	217,5 —217,6 „	Kies.
„	217,6 —226,5 „	grauer feiner Sand.
„	226,5 —227,0 „	grauschwarzer Thon.
„	227,0 —240,0 „	feiner und gröberer Kies mit kleinen Geröllen von Quarz und Quarzit, sowie mit Nieren von Schwefelkies, von braunem Thon durchzogen.
„	240,0 —242,5 „	blaugrauer harter Thon.
„	242,5 —246,5 „	grüne glaukonitische und rothbraune Thone mit Sandeinlagerungen.
„	246,5 —263,5 „	körniger und späthiger Gyps, marmorirt, zuletzt von schwarzem Salzthon durchzogen; Einfallen ca. 15° bis 20°.
„	263,5 —615,0 „	helles Steinsalz, grobkristallinisch, von Anhydrit in Streifen und Flocken unter 72° bis 82° Neigung durchsetzt.
„	615,0 —619,0 „	reines weisses Krystalsalz.
„	619,0 —659,0 „	helles Steinsalz mit Anhydrit.

Von 659,0 — 663,0 m	Hartsalz mit 61,44 Proc. NaCl, 7,67 Proc. KCl, 27,25 Proc. MgSO ₄ ; Einfallen 72°.
„ 663,0 — 690,0 „	Steinsalz, schneeweiss, mit eingesprengten Carnallitkryställchen.
„ 690,0 — 713,0 „	desgl. blassroth.
„ 713,0 — 716,0 „	Anhydritlagen mit Carnallitnestern.
„ 716,0 — 733,0 „	rothes Steinsalz, von Kieserit durchzogen.
„ 733,0 — 733,5 „	graues dichtes Gemenge von vorherrschendem Kieserit mit Steinsalz und Carnallit.
„ 733,5 — 781,0 „	rothes und schmutzgrothes Steinsalz, theilweise von Kieserit durchzogen.
„ 781,0 — 801,0 „	rothes und weisses Steinsalz, mehr oder weniger von blaugrünem Thon durchsetzt und carnallithaltig.
„ 801,0 — 868,0 „	reines rothes Steinsalz, zuletzt unrein.

Das dritte Bohrloch der Gesellschaft „Benther Berg“, mit welchem, wie dieses Profil zeigt, 246,5 m Diluvium und Tertiär angetroffen wurden, stand bereits hart an der Versenkung, welche den ganzen Triasattel Benthe-Ronnenberg nach Westen abschneidet und von der Gehrdenener Kreide flankirt wird (vergl. S. 263).



Das überstehende Profil (Fig. 3) ist auf Grund der im Vorhergehenden mitgetheilten Beobachtungen an Schurf- und Bohrlöchern entworfen. Das östlichste Bohrloch der Gesellschaft „Benthe“ ist zu nahe am Berge gezeichnet und hat keinen Buntsandstein mehr angetroffen.

3. Gliederung des Salzgebirges in der Provinz Hannover.

Durch die vielen Tiefbohrungen haben wir nun auch bereits einigen Aufschluss über die Gliederung des Salzgebirges erhalten, welches in dem grössten Theile des früheren Königreichs Hannover

unter dem Buntsandstein lagert. Obgleich dem geognostischen Niveau nach ein zeitliches Aequivalent der zur oberen Zechsteinformation gehörigen Salze, wie sie seit den 60er Jahren nördlich vom Harze allgemein bekannt geworden, bietet es in seiner Zusammensetzung mancherlei Abweichung. Während in dem sogenannten Magdeburg-Halberstädter Becken zwei petrographisch verschiedene Ablagerungen von Steinsalz unterschieden werden können, die als jüngeres und älteres Steinsalz bezeichnet werden und zwischen welchen die Kalisalze mit ihrer Bedeckung von Salzthon und Anhydrit in einem einzigen Niveau lagern, tritt uns hier ein mächtiger Salzstock entgegen, der in der Hauptsache aus Chlornatrium besteht, aber in seinen oberen Niveaus mehrfach bedeutende Einlagerungen von Anhydrit, Salzthon und Kalisalzen enthält, welche letztere Salzmischungen von zum Theil recht abweichender Zusammensetzung darstellen.

Dieses Steinsalz wechselt durch seine ganze Mächtigkeit ganz ungemein in Bezug auf Reinheit, Structur und Farbe. Namentlich sind die Färbungen so sehr verschieden, dass wir passend von *buntem* Steinsalz reden können. Gewöhnlich enthält dasselbe kleine Mengen von Calcium- und Magnesiumsulfat, von Chlorkalium, Eisenverbindungen und thonigen Bestandtheilen gleichmässig beigemischt. Manchmal grob, manchmal feinkörnig, gewöhnlich fest, öfter aber auch locker, körnig und die Structur des Gletschereises zeigend, einmal klar und durchsichtig, dann wieder trübe, opak, zum Theil auch bedeutende Mengen von Schwefelwasserstoff enthaltend, kann man sich nicht leicht ein Gebirgsmitglied vorstellen, welches mehr als das Zechsteinsalz der Provinz Hannover in seinem Aussehen und Charakter schwankt.

Während in den Kalisalzwerken bei Stassfurt, Bernburg, Aschersleben, Anderbeck und Vienenburg eine constante Reihenfolge von Salzausscheidungen festgestellt werden kann, welche in Beziehung zu den Löslichkeitsverhältnissen der einzelnen Verbindungen steht, wechseln in den Bohrlöchern, die in der Gegend von Hildesheim und Hannover niedergebracht wurden, die einzelnen Chlorverbindungen und schwefelsauren Salze so häufig mit einander ab, dass bis jetzt keine Erklärung für die Bildungsweise möglich erscheint, welche mit der Natur der Salze und mit ihrer Löslichkeit im Meereswasser in Einklang zu bringen wäre.

Der Wechsel findet jedoch nicht allein in verticaler Richtung statt; auch in der Horizontale ändert sich die Gliederung in kurzen streichenden Entfernungen, daher zwei Bohrlöcher auf dem nämlichen Sattelflügel niedergebracht, in kurzen Entfernungen (600 bis 1000 m) die Einlagerungen von Salzthon, Anhydrit, Kieserit und Kalisalzen in ganz verschiedenen Niveaus aufweisen. Es ist dies namentlich in Bezug auf die in unserer Zeit so heiss begehrten und überall gesuchten Kali-

salze der Fall und wird bei dem zukünftigen Salzbergbau in der Provinz Hannover wohl in Betracht zu ziehen sein.

Es lassen sich mehrere Beispiele für den raschen Wechsel in der Gliederung des Zechsteinsalzes in der Umgegend von Hannover und Hildesheim aus den vorliegenden Bohrregistern aufführen, und scheint es, dass, je reicher an Kali die Salzgemenge sind, man um so weniger darauf rechnen kann, dass dieselben weit im Streichen fortsetzen.

Am auffälligsten ist dieses nester- und linsenförmige Auftreten von reichen sylvinitischen, d. h. chlorkaliumhaltigen Salzgemengen bei den Tiefbohrungen am Benther Berge bei Hannover gewesen. Im Jahre 1895 sind daselbst zwei Bohrlöcher in der kurzen Entfernung von 80 m niedergebracht worden. Sie standen sehr annähernd im Streichen der Lagerstätte, wie dasselbe aus den am Benther Berge zu Tage tretenden Buntsandsteinschichten klar und deutlich hervorgeht. Das erste Bohrloch wurde von der Kalibohrgesellschaft, jetzt Gewerkschaft „Hansa-Silberberg“, gestossen. Es traf nach Angabe des Bergingenieurs Schulte zu Hannover den Gyps unter einer Bedeckung von 85 m lockeren Bildungen, bei 135 m Salzthon, bei 140 m Steinsalz und zwischen 260 und 309 m sylvinitische Kalisalze. Der Gehalt an Chlorkalium in diesem Salzgemenge bewegte sich nach den im Laboratorium für chemische Untersuchungen von Dr. Nehring in Braunschweig ausgeführten Analysen etwa zwischen 16 und 32 Proc.; nach anderen in der Zeitschrift „*Industrie*“ veröffentlichten Untersuchungen soll derselbe noch höher steigen.

Kurz darauf setzte die Bohrgesellschaft „Benthe“, jetzt Gewerkschaft „Wallmont“, in der Hoffnung, das nämliche reiche „Kalisalzlager“ zu treffen, in der genannten kurzen Entfernung von der Hansabohrung das bereits oben erwähnte dritte Bohrloch an, traf unter der gleichen Bedeckung von diluvialen und tertiären Schichten bei annähernd gleicher Teufe (89 m) den Gyps, jedoch erst bei 206 m das Salz und bei 565 m kalihaltige Salzgemenge von ganz anderen Mischungsverhältnissen und in ganz anderer Mächtigkeit, als dieselben im Hansabohrloche aufgetreten waren. Die bedeutend reicheren sylvinitischen Salze des Hansabohrloches wurden in der Benther Bohrung bereits nicht mehr angetroffen und sind bis jetzt trotz der zahlreichen Bohrungen der sogenannten „Hansagruppe“ in keinem anderen Theile des untersuchten Feldes wiedergefunden.

Ein zweites Beispiel für die Einlagerung von Kalisalzen in verschiedenen Niveaus des Steinsalzes liefern die Bohrungen der Bohrgesellschaft „Gustavshall“ bei Wehmingen unweit Sehnde. Der Rotheberg bei Wehmingen zwischen Sehnde und Algermissen bildet einen Theil des vielfach zerrissenen Sattels, welcher sich mit grossen Unterbrechungen, von bedeutenden Querbrüchen zerstückelt und manch-

mal nur einflügelig ausgebildet, von den Giesener Bergen bei Hildesheim in nördlicher Richtung bis nahe an Lehrte verfolgen lässt.

An diesem Sattel betheiligen sich der Zechsteingyps und Anhydrit (unmittelbar bei Lehrte unter Diluvium und Tertiär angebohrt), der bunte Sandstein, Muschelkalk, Keuper, Lias und braune Jura.

Nachdem in den Jahren 1894 und 1895 zwei Bohrlöcher bis in grosser Tiefe niedergebracht und mit denselben ein mächtiges Steinsalzlager mit unbedeutenden Einlagerungen von Kalisalzen unter einem von streichenden Störungen und Querverwerfungen durchsetzten Deckgebirge aufgefunden war, gelang es mit dem in der ausgewaschenen Sattelspalte angesetzten dritten und vierten Bohrloche gute Aufschlüsse von vorwiegend sylvinitischen Kalisalzen zu erhalten. Diese beiden Bohrlöcher stehen nach Angabe der Gesellschaft „Gustavshall“ genau im Streichen des Zuges und sind 1000 m von einander entfernt. Wie die nachfolgende Zusammenstellung zeigt, haben diese beiden Bohrlöcher nur das tiefste Lager in gleicher Teufe unter der oberen Grenze des Steinsalzes angetroffen; im Uebrigen stimmen die Niveaus gar nicht überein. Hieraus folgt demnach, dass auch die Kalisalzeinlagerungen von „Gustavshall“ sich im Streichen mehr oder weniger rasch auskeilen, daher linsenförmige Massen im Steinsalz bilden.

Gustavshall.

Nach den Mittheilungen des Vorstandes der Bohrgesellschaft (vergl. *Industrie*, Fachzeitung für Kohlen- und Kalibergbau, Berlin):

III. Bohrung. *Industrie*, Nr. 26 vom 24. Juni 1896.

Einfallen der Schichten 50° bis 70°, Steinsalz bei 278 m		Unter der oberen Grenze des Salzlagers:
637—697 m	erstes Sylvinitlager (zum Theil Hartsalz) 60 m	359,0 m
730—737 „	Carnallit 7 m	452,0 „
752—773 „	zweites Sylvinitlager 21 m (Hartsalze)	474,0 „
795—815 „	drittes Sylvinitlager ca. 19,5 m . . .	517,5 „

IV. Bohrung (Controlbohrloch). *Industrie*, Nr. 47 vom 18. November 1896.

Steinsalz bei 203,35 m		Das Bohrloch liegt im Streichen annähernd 1000 m vom Bohrloch III
257— ? m	erste Sylviniteinlagerung, wiederholt grössere und kleinere Kalieinlagerungen.	

		Unter der oberen Grenze des Salzlagers ·
Steinsalz bei 203,35 m		
471—489,40 m	18,40 m Kalisalze: Industrie, Nr. 3 vom 20. Januar 1897	268,0 m
593—622 „	29 m Hartsalz: Industrie, Nr. 7 vom 17. Februar 1896 und Nr. 8 vom 24. Februar 1897	390,0 „
720— ? „	? m Sylvinit: Industrie, Nr. 9 vom 3. März 1897	517,0 „

Auch die berühmt gewordene Sylvineinlagerung von Salzdetfurt, welche im Jahre 1893 durch das tiefe Bohrloch der „Goslarer Actiengesellschaft für Bergbau und Tiefbohrung“ 628 m unter Tage aufgedeckt wurde, soll durch ein zur Constatirung des weiteren Verlaufes im Streichen niedergebrachtes Controlbohrloch 600 oder 700 m von der ersten Bohrung entfernt, soweit hierüber Mittheilungen zu erhalten sind, nicht wieder oder in ganz abweichender Zusammensetzung angetroffen sein.

Das Verhalten dieser gegen Westen erbohrten Kalisalze ist demnach ganz abweichend von demjenigen des sogenannten Stassfurter Lagers näher dem Harzgebirge, welches ein constantes Niveau einnimmt und unter den Rogensteinsatteln bei Stassfurt, Vienenburg, Rhüden u. s. w. bereits über eine Ausdehnung bis zu 30 km (zwischen Bernburg und Westeregeln) verfolgt werden konnte.

Es schliesst dieses wechselnde Auftreten im Gegensatze zu der Niveaubeständigkeit des Stassfurter Lagers nicht aus, dass auch im westlichen Salzgebiete an mehreren Punkten ein lucrativer Bergbau möglich sein wird, indem die sylvinitischen Salze einmal das Stassfurter Lager im Gehalte an Chlorkalium bedeutend übertreffen und andererseits in einer linsenförmigen Einlagerung von z. B. 1000 m Ausdehnung im Streichen bei einer bis 20 m und darüber anschwellenden Mächtigkeit, wie eine einfache Rechnung zeigt, ein bedeutender Werth an Kalisalzen enthalten sein kann.

Ausserdem sind verschiedentlich, z. B. im Leinethale, Salzgemenge in mehreren Niveaus aufgeschlossen, die in ihrem mineralischen und chemischen Charakter mit dem sogenannten Stassfurter Lager übereinstimmen und demnach meiner Ansicht nach eine grössere Gewähr für eine weite Fortsetzung im Streichen darbieten, als diejenigen Einlagerungen, welche eine von diesem Lager gänzlich abweichende Zusammensetzung aufzuweisen haben. Da nun bereits mehrere Bohrlöcher von annähernd 1000 m und darüber vorliegen, welche das Liegende des Salzstockes noch nicht erreicht haben, ist es immerhin möglich, dass der bekannte Theil desselben mit seiner wechselnden Zusammensetzung doch noch als jüngeres Steinsalz einem gleichmässig ausgebildeten, völlig kali-

freien älteren Salze gegenübergestellt werden kann. Bekanntlich enthält dieses sogenannte jüngere Salz von erheblich geringerer Mächtigkeit auch in den älteren Kalibergwerken hin und wieder linsenförmige und nesterartige Einlagerungen von sylvinitischen Kalisalzen. In mehreren Bohrlöchern der Provinz Hannover tritt unter dem tiefsten bis über 800 m verfolgten Kalilager, welches manchmal aus Sylvinit, manchmal aus Carnallit, oder aus beiden Salzen in Mischung mit Steinsalz und Kieserit besteht, ein lichtgraues, sehr grobkörniges Steinsalz auf. Die chemische Untersuchung ergab, dass in diesem nur Spuren von Chlorkalium vorhanden sein können; die Einlagerungen bestehen dann aus einem sehr dunklen, dichten Anhydrit in Streifen, die in Entfernungen von 5 bis 15 cm verlaufen. Gewöhnlich erhalten dieselben erst in einiger Tiefe unter dem Kalilager diejenige Regelmässigkeit, welche die Bezeichnung „Jahresringe“ veranlassen könnte. In diesem Salze wurde bereits weit über 100 m gebohrt, ohne dass Farbe und Structur sich änderten oder von neuem Kalisalze sich einstellten.

Es wird bei den Betrachtungen über die Zukunft der deutschen Kaliindustrie im Hinblick auf die vielen Bohrungen der verschiedene Charakter und das verschiedene Auftreten der Kalisalze jedenfalls in Rechnung zu ziehen sein. Alle diese Verhältnisse können auf Grund dieser Bohrungen allein jedoch nur vorläufig angedeutet werden und sind von dem in Entstehung begriffenen Salzbergbau der Provinz Hannover in nächster Zeit ausserordentlich wichtige Aufschlüsse in Bezug auf die Natur und Entstehungsweise der Zechsteinsalze zu erwarten.

NEUER BEITRAG
ZUR KENNTNISS DER
VOGELFAUNA VON CELEBES.

(NACH SAMMLUNGEN DES HERRN Dr. C. PLATEN VON RURUKAN
IN DER MINAHASSA, NORD-CELEBES.)

MIT EINER FARBENTAFEL.

VON

W. BLASIUS.

EINLEITUNG.

Die in der folgenden Abhandlung zur Besprechung gelangenden Vögel von Rurukan in der Minahassa, Nord-Celebes, sind von Herrn Dr. C. Platen und seiner Gemahlin schon vor 12 bis 13 Jahren gesammelt worden. Gleich nachdem ich die Sammlungen vor mehr als zehn Jahren empfangen hatte, habe ich dieselben einer genauen Untersuchung unterzogen, und ich konnte zu zwei verschiedenen Malen darüber in dem hiesigen Verein für Naturwissenschaft berichten, über die erste, grössere Sammlung am 18. Februar 1886 und über eine kleinere nachfolgende Sammlung am 10. März 1887. Von meinen damaligen Mittheilungen ist nur kurz in den Sitzungsberichten des genannten Vereins berichtet worden (Braunschweig. Anzeigen 1886, Nr. 52 vom 3. März und 1887, Nr. 75 vom 30. März.). Der erste Bericht mit der Beschreibung von zwei neuen Arten ist in Karl Russ' „Isis“ (Zeitschrift für alle naturwissenschaftlichen Liebhabereien, XI. Jahrg., 1886, Nr. 13 vom 1. April, S. 103) zum Wiederabdrucke gelangt. Da diese Veröffentlichungen nicht allgemein zugänglich sind, halte ich es für zweckmässig, die entsprechenden Stellen der kurzen Berichte hier nochmals zum Abdruck zu bringen.

In dem ersten Berichte konnte der Unterzeichnete Folgendes erwähnen: „Kürzlich sei ihm zur wissenschaftlichen Bestimmung und Bearbeitung von Herrn Oberamtmann A. Nehr Korn aus Raddagshausen eine grosse Sammlung von Celebes-Vögeln (641 auf 127 Arten sich vertheilende Bälge) zur Verfügung gestellt, welche Herr Dr. Platen bei Rurukan, dem höchst gelegenen Dorfe in Nord-Celebes, 1884 und 1885 gesammelt habe. Diese Sammlung enthält zahlreiche Seltenheiten. Einige Arten bieten ein besonderes wissenschaftliches oder faunistisches Interesse. Von einer eigenthümlichen Uebergangsform (vielleicht einem Bastarde) zwischen zwei Sperberarten und einem Eisvogel (*Monachalcyon cyanocephala*) abgesehen, dessen in der letzten Zeit vielfach angezweifelte Artberechtigung jetzt von Neuem bewiesen werden konnte, liegen zwei Arten vor, die ganz neu für die Wissenschaft zu sein scheinen und die zu Ehren der beiden Herren, denen die wissenschaftliche Nutzbarmachung dieser Sammlungen zu danken ist, und die sich auch anderweitig grosse Verdienste um die Wissenschaft erworben haben, mit deren Namen benannt werden sollen:

Dicaeum nehrkorni nov. spec. ist ein in der Art des Metallglanzes, in der Grösse und Schnabelform dem *D. flammeum* verwandter Honigsauger, bei dem aber die rothe Färbung des Männchens auf die Kopfplatte, den Bürzel und einen kleinen Flecken in der Mitte der Brust beschränkt ist und der Leib auf hellem Grunde dunkel längsgestreift erscheint. — *Rallus plateni* nov. spec. ist eine in der Grösse und Schnabelform sowie in der quergestreiften Zeichnung des Hinterleibes dem nordamerikanischen *R. elegans* sehr ähnliche Wasser-Rallen-Art; auf dem Rücken jedoch, wie *R. caeruleus*, ohne Längsflecken, vorzugsweise einfach dunkelgrau, mit bräunlichem oder olivenfarbigem Tone; am Hinterkopfe und Nacken, den kleineren oberen Flügeldeckfedern dagegen olivenfarbig röthlichbraun, und an den eigenthümlich weichen aufgelösten und verlängerten Schulterschwingen, sowie an den benachbarten Mittelschwingen und grossen Flügeldeckfedern und (weniger intensiv) am Hinterrücken und Bürzel dunkelrothbraun bis kastanienbraun. Die Bildung der Schulterschwingen, das überhaupt weiche Gefieder, die weiche Beschaffenheit und geringe Grösse der Schwanzfedern, sowie der Ansatz zu einem kleinen ovalen Stirnschild bei dem Männchen deuten auf eine Verwandtschaft mit der Gattung *Habroptila* hin. — Ausser diesen für die Wissenschaft neu erscheinenden Arten sind durch die genannten Sammlungen zum ersten Male als in Celebes vorkommend nachgewiesen: *Falco melanogenys*, *Pitta cyanoptera*, *Lanius lucionensis* und *Gorsachius goisagi*. Für das Vorkommen zahlreicher anderer Arten, die bis dahin nur einmal oder wenige Male auf Celebes beobachtet waren, wird eine willkommene Bestätigung gegeben.“ Ueber die zweite Sendung konnte berichtet werden: „Unter 120 zu 60 verschiedenen Arten gehörenden Vögeln von Nord-Celebes befindet sich ein weiteres Exemplar der vom Vortragenden kürzlich beschriebenen Rallen-Art (*Rallus plateni*) und ausserdem mehrere von dem Reisenden vorher noch nicht dort gesammelte Arten, darunter eine (*Charadrius mongolicus*), die durch Platen nunmehr zum ersten Male mit aller Sicherheit als auf Celebes vorkommend festgestellt ist.“ Kurze Zeit darauf gab Platen selber eine anmuthige Schilderung der Gegend, in welcher die erwähnten Sammlungen von ihm zusammengebracht waren, mit vielen eingestreuten biologischen und anderen Beobachtungen über dieselben (C. Platen, Ornithologische Skizzen aus der Minahassa in Karl Russ' Gefiedert. Welt 1887, Nr. 18 bis 21, S. 193 ff. v. 5. bis 26. Mai). Ausser manchen von ihm an uns eingesandten Vogelarten, bei deren Aufzählung ich die entsprechende Stelle des Platen'schen Aufsatzes citiren werde, erwähnt er in dieser Schilderung auch noch einige andere, wie *Ardeola speciosa* (S. 206), *Turnix rufilatus* (S. 206 u. 230), *Porphyrio indicus* (S. 206) und *Fulica lugubris* (S. 206) aus den tiefer gelegenen Gebieten und *Motacilla flava* (S. 217), sowie *Melanopelargus episcopus*

(S. 219) aus der Höhe von Rurukan, dem etwa 1000 m hoch gelegenen höchsten bewohnten Dorfe von Celebes, über welchem sich der Klabatberg noch etwa 1000 m höher erhebt.

Von vornherein war es meine Absicht, die Platen'schen Sammlungen von Rurukan noch einer genauen wissenschaftlichen Bearbeitung zu unterziehen. Ursprünglich wollte ich dieselbe meinen bereits zur Veröffentlichung gelangten drei Beiträgen zur Kenntniss der Vogelfauna von Celebes (I. in Madarasz' Zeitschrift für die gesammte Ornithologie 1885, S. 201 bis 328; II. und III.: ebenda 1886, S. 81 bis 179 und S. 193 bis 210¹⁾) als vierten Beitrag in derselben Reihe hin-

¹⁾ Die wichtigeren Veröffentlichungen über die Vogelfauna von Celebes seit dieser Zeit sind:

- Hickson**, Sydney J., A Naturalist in North Celebes. With Maps and Illustrations. London, John Murray, 1889, 392 S., 8^o. [Enthalt manche ornithologische Notizen, insbesondere über die Insel Talisse.]
- Büttikofer**, J., On two new species of Pachycephala [teysmanni u. meridionalis] from South-Celebes (Notes from the Leyden Museum, Vol. XV, p. 167) 1893.
- , On two new species of the genus Stoparola [septentrionalis u. meridionalis] from Celebes (ebenda, p. 169) 1893.
- , On two new species of Birds from South-Celebes [Cinnyris teysmanni u. Dicaeum splendidum] (ebenda, p. 179) 1893.
- , On two new species of Birds from Java and Celebes [Turdinus castaneus] (ebenda, p. 260) 1893.
- , Ornithologische Sammlungen aus Celebes [97 Species], Saleyer and Flores (Weber, Zoologische Ergebnisse einer Reise in Nederl. Ostindien, Bd. III, S. 269) 1894.
- Meyer**, A. B., u. L. W. Wigglesworth, Leucotreron fischeri meridionalis n. subsp. (Ornithologische Monatsberichte, I. Jahrg. 1893, Nr. 1, S. 12).
- , Beschreibung einiger neuen Vogel der Celebes-Region [Zosterops sarrasinorum, Nycticorax minahassae etc.] (Journ. f. Ornithol. XLII. Jahrg., 1894, S. 113).
- , Neue Vogel von Celebes [Malia recondita, Pachycephala sp., Arachnotera (?) celebensis, Ardetta riedeli.] (Abh. u. Ber. d. k. Zoolog. u. Anthrop.-Ethnogr. Museums zu Dresden 1894/95, Nr. 4, 1894.)
- , Bericht über die von den Herren P. u. F. Sarasin in Nord-Celebes gesammelten Vogel (ebenda, Nr. 8, 1895).
- , Bericht über die 5. bis 7. Vogelsammlung der Herren Dr. P. u. Dr. F. Sarasin aus Celebes (ebenda 1896/97, Nr. 1, 1896).
- , Eine Vogelsammlung von Nordost-Celebes und den Inseln Peling und Banggai. Mit einer Karte (ebenda, Nr. 2, 1896).
- Hartert**, Ernst, Preliminary descriptions of some new Birds from the mountains of Southern Celebes (Novitates Zoologicae, Vol. III, March 1896, p. 69).
- , On ornithological Collections made by Mr. Alfred Everett in Celebes and on the Islands south of it (ebenda, June 1896, p. 148).
- , A few additions to former Notes (ebenda, Sept. 1896, p. 255).
- , Mr. William Doherty's Bird-Collections from Celebes (ebenda, Vol. IV, April 1897, p. 153).
- Blasius**, Wilh., Die Vogel von Gross-Sanghir, nebst einem Anhang über die Vogel von Siao. Mit 2 Tafeln (Ornis IV, Heft 4, 1888, S. 527). [Handelt wiederholt auch über die Vogel von Celebes.]
- , Vogel von Pontianak (West-Borneo) und anderen Gegenden des indomalayischen Gebietes. (Mitth. d. Geogr. Ges. u. d. Naturh. Museums zu Lubeck, II. Reihe, Heft X, 1896, S. 90 bis 145. S. A. S. 2—57.) [Handelt S. 124 und 125 (S. A. S. 36 und 37) von Celebes-Vogeln.]

zuzufügen. — Verschiedene Hindernisse und Abhaltungen haben mein Vorhaben damals vereitelt und die Veröffentlichung bis jetzt verzögert. Obgleich wir binnen Kurzem der Veröffentlichung des angekündigten grossen Werkes von A. B. Meyer und L. W. Wiglesworth: „The Birds of Celebes and the neighbouring Islands (Sangi, Talaut, Sula, Togian etc.)“ entgegen sehen können, glaube ich doch auch jetzt noch ein Interesse für die genaue Bearbeitung der Platen'schen Sammlungen in Anspruch nehmen zu dürfen, da die bestimmten Fundort- und biologischen Angaben einen bleibenden Werth besitzen und von einer grösseren Anzahl seltener Arten wohl niemals bisher so viele und so genau etikettirte Exemplare der wissenschaftlichen Vergleichung dargeboten worden sind. —

Ich gehe nunmehr zu einer Aufzählung der einzelnen Arten über, wobei ich die Exemplare, welche dem Herzogl. Naturhistorischen Museum in Braunschweig einverleibt sind, mit einem Stern (*) und möglichst auch der Inventarien-Nummer des Museums bezeichne. Im Allgemeinen folge ich der Anordnung Walden's (Arthur, Viscount Walden, A List of the Birds known to inhabit the Island of Celebes, Transactions of the Zoological Society of London, Vol. VIII, Part II, May 1872). In der Nomenclatur und systematischen Gruppierung sind durch die neueren Forschungen manche Aenderungen nöthig geworden. — Bei den einzelnen Arten citire ich nur die Original-Beschreibung der Art bezw. Unterart und, ausser einigen wichtigeren neuen Besprechungen, wegen der Synonymie, Verbreitung und Literatur, die Beschreibung im „Catalogue of the Birds in the British Museum“ und bei den in diesem Werke noch nicht veröffentlichten *Ardeidae*: Salvadori's „Ornitologia della Papuasias“ oder, soweit die Arten hierin fehlen, desselben Gelehrten „Uccelli di Borneo“, zum Theil auch Sharpe's Bearbeitungsplan für die *Ardeidae* zum genannten „Catalogue“ (Ibis 1896).

I. PSITTACI.

Fam.: PSITTACIDAE.

1. *Tanygnathus mülleri* (Müll. u. Schleg.)

Psittacus mülleri Sal. Muller u. Schlegel, Verh. Land- u. Volkenk. p. 108 u. 182 (1839 bis 1844).

Tanygnathus mülleri Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XX, p. 430 (1891).

Zehn Exemplare, alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris hellgelb. Wachshaut grauschwarz. Füsse gelbbraun.“ Schnabel bei den sechs ersten Bälgen „lackroth“, bei den vier sicheren Weibchen „hornweiss“.

a)	♂ ?	L. ¹⁾ 36 cm; D. ²⁾ 7 cm	12. September 1884
b)	♂	" 35 " " 6 "	1. October "
c)	♂	" 35 " " 7 "	23. " "
d)	♂	" 35 " " 6 "	27. " "
e)	♂	" 35 " " 6 "	29. " "
f)	„♀ ?“	" 35 " " 7 "	29. " "
g)	♀	" 35 " " 6 "	2. Juli "
h)	♀	" 35 " " 6 "	20. October "
i)	♀	" 35 " " 6 "	25. " "
k)	♀	" 35,5 " " 6 "	4. Mai 1886.

Es scheinen alle Vögel ausgewachsene alte Individuen zu sein; doch dürften wegen der stärkeren Entwicklung der blauen Färbung auf den Flügeldeckfedern *a*, *d*, *c*, und *e* das höchste Alter repräsentiren. Der Balg *f* ist offenbar nur in Folge eines Versehens als „♀?“ bezeichnet. Der lackrothe Schnabel deutet auf das männliche Geschlecht.

Ueber das Verhältniss der rothschnäbeligen und weisschnäbeligen Individuen, von denen die ersteren alte männliche, die letzteren weibliche oder junge männliche zu sein scheinen, habe ich in meinem oben erwähnten I. Beitrage (S. 209) ausführlich gehandelt, worauf ich hier verweisen zu dürfen glaube.

Meyer und Wiglesworth haben für die Sanghir-Vögel, von denen mir bis dahin keine vorgelegen haben, eine *subsp. sangirensis* unterschieden, die sich durch bedeutende Grösse und in der Jugend durch mit blauen Spitzen versehene Scheitelfedern unterscheiden soll (Journ. f. Ornith. 1894, S. 113).

2. Prioniturus platurus (Kuhl).

Psittacus platurus Kuhl, Consp. Psitt. p. 43 (1820).

Prioniturus platurus Salvadori, Cat. Birds Brit Mus. XX, p. 415 (1891).

Psittacus — *Prioniturus* — *platurus* Platen, Gef. Welt 1887, S. 219.

Zwei weibliche Exemplare gehörten zur 1. Sendung, beide bezeichnet: „Iris braun. Schnabel horngrau. Füsse hellgrau.“

In der späteren Sendung befanden sich noch vier Männchen, die übereinstimmend bezeichnet sind: „Iris braun. Schnabel horngraublau (bei *f* graublau). Schnabelspitze schwarz (bei *f* schwärzlich). Füsse hellgrau.“

a)	♀	L. 33 cm; D. 6 cm	5. November 1884
b)	♀	" 31 " " 5 "	8. " "
c)	♂	" 35 " " 8 "	24. Febr. 1886
d)	♂	" 34 " " 7 "	16. " "
e)	♂ juv.	" 32 " " 6 "	7. März " { (Rakete kurzer, dabei Hinterkopf noch grün!)
* f)	♂	" 29 " " 5 "	5. " " { (Verl. Federspitzen förmig Mus.-Inv.-Nr. 13979.)

¹⁾ L. = Long. = Longitudo = Totallänge von der Schnabel- bis zur Schwanzspitze im frischen Zustande

²⁾ D. = Diff. = Differentia = Entfernung der Flugelspitze von dem Schwanzende bei ruhiger und natürlicher Lage des Flügels am Körper im frischen Zustande.

a hat vollständig ausgebildete Raketenfedern, die aber bedeutend kürzer entwickelt sind, als in Fig. 6 auf S. 213 des ersten meiner oben erwähnten Beiträge gezeichnet ist, auch kürzer als bei dem Petersburger alten Weibchen. Der Balg *b* dagegen zeigt die ersten Anfänge der Ausbildung der Raketenfedern; es ist ein Stadium, welches noch vor dem Zustande von Fig. 1 der S. 212 steht, in welchem die Federn einfach zugespitzt, einfarbig grün und an den Seiten ohne concave Ausschweifung erscheinen, sonst sehr ähnlich der Bildung von Fig. 1. Im Uebrigen bestätigen beide Bälge alles früher Gesagte.

Die beiden ersten Männchen *c* und *d* sind ausgefärbte alte Individuen mit vollkommen entwickelten Raketenfedern im Schwanze, die den übrigen Schwanz um 8,2 (bei *c*) und 6,4 cm (bei *d*) überragen. Der Balg *e* hat kürzere Raketenfedern, den übrigen Schwanz nur um 4,3 cm überragend, und aussen nur auf ganz kurze Strecken (etwa 1 cm) mit kahlem Schaft, während die Innenseite des Schaftes auf eine grossere Entfernung kahl ist. Die Färbung dieses Stückes ist verhältnissmässig sehr wenig entwickelt, da noch keine Spur von blauer oder rother Farbe am Kopfe zu sehen ist. Dass es sich aber wirklich um ein Männchen und nicht um ein Weibchen handelt, ergibt sich aus deutlichen Anfängen des orangegelben Rückenfleckens.

Das letzte Individuum (*f*) zeigt schon deutliche Anfänge der bläulichen und rothen Färbung am Hinterkopfe und einen schon fast vollständig gut entwickelten orangegelben Rückenflecken, während auffallenderweise die Raketenfedern sich noch in dem Stadium der Flaschenform befinden und die übrigen Schwanzfedern nur um 1,2 cm überragen.

3. *Prioniturus flavicans* Cass.

CASSIN Pr Acad. Nat. Sc. Philad. VI, p. 73 (1853); Salvadori Cat. Birds Brit. Mus. XX, p. 416 (1891).

Psittacus — *Prioniturus* — *flavicans* Platen, Gef. Welt 1887, S. 219.

18 Exemplare, 14 Männchen (*a*—*i* u. *o*—*s*) und 4 Weibchen (*k*—*n*); bei allen wiederholt sich auf den Etiketten: „Iris graubraun. Schnabel hornweiss“. Fusse „blaugrau“ bei den Männchen und „aschgrau“ bei den Weibchen.

<i>a</i>)	♂	L	29 cm;	D.	5 cm.	3. Jul	1884	
<i>b</i>)	♂	„	38	„	12	14. September	„	
<i>c</i>)	♂	„	38	„	12	28.	„	
<i>d</i>)	♂	„	38	„	12	1. October	„	
<i>e</i>)	♂	„	37	„	12	13.	„	
<i>f</i>)	♂	„	37	„	12	25. November	„	
<i>g</i>)	♂	„	37	„	12	26.	„	
<i>h</i>)	♂	„	38	„	12	29.	„	
<i>i</i>)	♂	„	38	„	12	26. December	„	
<i>k</i>)	♀	„	34	„	8	30. Mai	„	
* <i>l</i>)	♀	„	33	„	6	8. September	„	Mus.-Inv.-Nr. 9643.
<i>m</i>)	♀	„	33	„	6	7. October	„	
<i>n</i>)	♀	„	30	„	4,5	2. November	„	

o)	♂	L. 38 cm;	D. 12 cm.	5. April	1886
p)	♂	" 37 "	" 11 "	7 "	" "
q)	♂	" 38 "	" 12 "	16. "	" "
r)	♂	" 37 "	" 11 "	20. "	" "
s)	♂	" 37 "	" 11 "	28. "	" "

Bei allen Männchen ist die kahle Stelle der Raketenfedern 4,5 bis 7,0 cm lang, bei den Weibchen dagegen nur 2,7 bis 4 cm. Es scheint dies, abgesehen von den Färbungsunterschieden, ein guter Geschlechtscharakter zu sein. Von den Männchen hat nur *a* einen noch nicht vollständig ausgebildeten Schwanz; eine vollständig entwickelte Feder ist noch im Nachwachsen und bleibt $1\frac{1}{2}$ cm von der Spitze entfernt. Die Raketenfedern überragen die übrigen Schwanzfedern bei allen anderen Männchen ziemlich bedeutend. Die Entfernung der Spitzen schwankt zwischen 6,7 und 9,5 cm.

Von den Weibchen verhalten sich *l* und *n* abweichend: Bei *n* sind die vollständig ausgebildeten Raketenfedern erst im Nachwachsen begriffen und überragen die übrigen Schwanzfedern nur etwa um 1 cm. *l* befindet sich ungefähr auf dem Entwicklungsstadium, welches ich im ersten Theile meiner Beiträge (S. 212, Fig. 4) von *P. platurus* dargestellt habe. Die Enden der Raketenfedern sind nur nicht so lang ausgezogen.

Was die Ausbildung des rothen Fleckens auf dem blauen Oberkopfe beim Männchen anbetrifft, so ist eine solche bei *b* eben nur angedeutet und bei *a* etwa $1\frac{1}{2}$ cm im Durchmesser entwickelt; auf letzterem Stadium oder etwas weiter vorgeschritten stehen *i*, *g* und *e*; die übrigen haben den rothen Flecken am grössten.

Alles früher Gesagte wird im Uebrigen bestätigt; vergleiche die Kopfabbildungen in meinem I. Beitrage (S. 218) und die Ausführungen im II. Beitrage (S. 83).

4. *Loriculus stigmatus* (Müll. u. Schleg.).

Psittacus (Psittacula) stigmatus Sal. Muller u. Schlegel, Verh. Land- u. Volkenk., p. 182 (1841).

Loriculus stigmatus Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XX, p. 535 (1891).

Coryllis stigmatus Platen, Gef. Welt 1887, S. 206 u. 230.

Zehn Exemplare, 5 Männchen (*a—e*) und 5 Weibchen (*f—k*), gehörten der 1. Sendung an, alle übereinstimmend bezeichnet: „Schnabel schwarz. Füsse und Wachshaut orange.“ Die Iris ist bei allen Männchen als „hellgelb“, bei allen Weibchen als „braun“ bezeichnet.

Bei der späteren Sendung befand sich noch ein vollständig ausgefärbtes altes Männchen (*l*) mit der Bezeichnung: „Iris hellgelb. Schnabel schwarz. Füsse orangeroth.“

a)	♂	L. 14 cm,	D. 1,5 cm.	13. August	1884
b)	♂	" 13 "	" 1 "	14. September	"
c)	♂	" 14 "	" 1,5 "	7. October	"

d)	♂	L. 14 cm; D. 1 cm.	17. October 1884	
e)	♂	" 13,5 " " 0,5 "	23. " "	
f)	♀	" 13 " " 0,5 "	15. Juni "	
g)	♀	" 14 " " 1 "	12. August "	
h)	♀	" 13 " " 0,5 "	28. " "	
i)	♀	" 14 " " 1 "	17. October "	
k)	♀	" 13 " " 0,5 "	23. " "	(Hierzu Eier.)
l)	♂	" 14 " " 0,5 "	14. April 1886	

Die verschiedenen Kleider sind charakteristisch repräsentirt. Von den Männchen hat *d* noch nicht die volle Ausbildung des Roth am Vorderkopf und von den Weibchen zeigt *h* erst Spuren beginnender Rothfärbung am Flügelbug; sonst sind alle ausgefärbt.

Die ganze Reihe bestätigt die Ausführungen in meinem I. Beitrage (S. 218).

5. *Loriculus exilis* Schleg.

Schlegel, Ned. Tijdschr. Dierk III, p. 185 (1866).

Loriculus exilis Salvadori, Cat. Birds Brit Mus. XX, 521 (1891).

Coryllus exilis Platen, Gef. Welt 1887, S. 206 u. 230.

Ein Männchen (**a*) war bei der ersten Sendung, bezeichnet: „♂. Iris orange. Long. 10,5 cm. Diff. 0,3 cm. Schnabel roth. Wachshaut und Füße gelbbraun. 6. August 1884.“

Bei der späteren Sendung befand sich noch ein Männchen (*b*), wie das erste bezeichnet, nur mit „orange gelbem“ Schnabel, vom „22. Januar 1885“.

Das Männchen *a* ist noch jung und ohne rothen Kehlflecken, der für das alte Männchen charakteristisch ist. (Die hiermit nicht übereinstimmende Geschlechtsangabe bei Meyer und Wiglesworth, Abh. u. Ber. Mus. Dresd. 1896/97, Nr. 1, S. 4, wonach das Weibchen auch einen rothen Kehlflecken haben soll, ist wohl eine irrthümliche?) Hierdurch aber nicht allein unterscheidet sich das vorliegende Stück von der Abbildung in Rowley's Ornith. Miscellanies (Vol. II, Taf. 59), sondern auch durch seine geringere Grösse und mattere Färbung des Schnabels, durch eine hellere, mehr gelbgrüne Färbung im Nacken und auf der Unterseite, sowie durch scharf abgesetzte gelbe Spitzen an den oberseits dunkelgrünen, unterseits bläulichen Schwanzfedern, die nicht vollständig durch die noch kürzeren oberen Schwanzdeckfedern von scharlachrother Farbe bedeckt werden. Die Stelle, wo später der rothe Kehlfleck erscheinen soll, ist durch einen undeutlichen gelben Flecken mit gelbgrünem Gefieder angedeutet; es dürfte dieser Umstand deshalb interessant sein, weil bei der verwandten Art *pusillus* der Kehlfleck statt roth überhaupt gelb erscheint. Die Art ist lange Zeit für die kleinste Papageienart gehalten, bis A. B. Meyer nach den Skeletten (Rowley's Ornith. Miscellanies, Vol. II, p. 247) hat nachweisen können, dass *Nasiterna pygmaea* der kleinste Papagei ist.

Das Männchen *b* trägt ein noch jugendlicheres Kleid und hat an der Kehle noch keine Spur von Gelb, ist aber sonst mit dem ersten übereinstimmend. Die Maasse der vorliegenden Stücke sind:

Nr.	Long. tot. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Museum- Inv.-Nr.
* <i>a</i>	10,6	6,8	3,15	0,8	0,85	9644
<i>b</i>	9,6	6,6	2,9	0,85	0,85	

Es stimmt das Flügelmaass ungefähr mit der Angabe Guille-mard's (Proc. Zool. Soc. 1885, p. 544) überein.

Fam.: LORIIDAE.

6. *Trichoglossus ornatus* (Linn.)

Psittacus ornatus Linne, Syst Nat. I, p 143, Nr. 19 (1766).

Trichoglossus ornatus Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XX, p. 61 (1891).

Psittacus — *Trichoglossus* — *ornatus* Platen, Gef. Welt 1887, S. 206 u. 230.

Fünf Exemplare gehörten der 1. Sendung an, von denen die alten Vögel *a*, *b* und *e* bezeichnet sind: „Iris blutroth. Schnabel orangeroth. Wachshaut und Augenring schwarz. Füsse graugrün“; die beiden jungen Männchen *c* und *d* dagegen: „Iris gelb. Schnabel orangebraun. Wachshaut und Augenring hellbraun. Füsse graugrün.“

Dazu kamen später noch fünf alte ausgefärbte Bälge, die wie die oben erwähnten alten Exemplare bezeichnet waren, nur bei *h* die „Füsse gelbgraugrün“.

<i>a</i>) ♂	L. 23 cm; D. 4,5 cm.	15. August	1884.
<i>b</i>) ♂	„ 23 „ „ 4,5 „	15. „	„
* <i>c</i>) ♂ juv.	„ 20 „ „ 3 „	14. September	„ (Mus.-Inv.-Nr. 9645)
<i>d</i>) ♂ juv.	„ 19 „ „ 3 „	13. October	„
<i>e</i>) ♀	„ 23 „ „ 4,5 „	14. „	„
<i>f</i>) ♂	„ 23 „ „ 4 „	23. Februar	1886
<i>g</i>) ♂	„ 23 „ „ 4 „	24. April	„
<i>h</i>) ♂	„ 23,5 „ „ 4,5 „	9. Mai	„
<i>i</i>) ♀	„ 22,5 „ „ 3,5 „	11. April	„
<i>k</i>) ♀	„ 22 „ „ 4 „	1. Mai	„

Die beiden jungen Männchen *c* und *d* unterscheiden sich von den alten Individuen durch eine mattere schwarz und roth gebänderte Zeichnung und durch Einstreuung von Gelb an der Brust, ebenso durch ein matteres Violett auf dem Kopfe und durch ein mit schmutzigem Roth nur wenig deutlich entwickeltes rothes Nackenband hinter demselben, sowie durch eine wahrscheinlich wohl erst im Tode entstandene horngraue Färbung des Schnabels.

Schon aus den am frischen Körper genommenen Maassen Platen's ergibt sich die Bestätigung der mehrfach erörterten Thatsache, dass im Allgemeinen die Weibchen an Grösse die Männchen nicht erreichen.

Die Flügelmaasse, an den Bälgen genommen, lassen allerdings den Unterschied nicht so deutlich hervortreten, als ich früher annahm, und die jungen Männchen *c* und *d* haben nicht wesentlich längere Flügel als die Weibchen, wie folgende Tabelle lehrt:

T. ornatus	♂ juv. <i>c</i> cm	♂ juv. <i>d</i> cm	♂ <i>f</i> cm	♂ <i>g</i> cm	♂ <i>h</i> cm	♀ <i>i</i> cm	♀ <i>k</i> cm
Flugellänge	12,2	11,7	12,8	12,8	12,7	12,6	12,1

7. Psitteuteles meyeri (Wald.).

Trichoglossus meyeri Walden, Ann. u. Mag. Nat. Hist. (4) VIII, p. 281 (1871).

Psitteuteles meyeri Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus XX, p. 63 (1891).

Psittacus — *Trichoglossus* — *meyeri* Platen, Gef. Welt 1887, S. 206 u. 230.

15 Exemplare, alle bezeichnet: „Iris orange Schnabel lackroth.“ Bei den meisten Männchen und dem ♀ *i*: „Füsse blaugrau“; beim ♂ *a* und den sämtlichen Weibchen ausser *i*: „Füsse graublau.“

Die beiden jungen Männchen *f* und *g* entsprechen, wenigstens in Bezug auf die Färbung von Kopf und Nacken, der Beschreibung Salvadori's (Ann. Mus. Genova, Vol. VII, p. 646). Dieselben haben einen dunkleren, mehr hornfarbigen Schnabel, und das Gelbgrün des Oberkopfes geht allmählich in das Grün des Rückens über. Auch die Bälge *p*, *n* und *e* haben eine weniger scharf vom Rücken abgesetzte und mehr grüne Färbung des Kopfes. Die Weibchen scheinen durchschnittlich etwas kleiner als die Männchen zu sein. Doch zeigen sich in beiden Geschlechtern grosse Schwankungen, wie die folgende Tabelle lehrt, der ich zugleich die von Dr. Platen nach den frisch erlegten Exemplaren gemachten Aufzeichnungen einfüge:

Nr.	Ge- schlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Datum	Museum- Inv.-Nr.
<i>a</i>	♂	17	2	10,4	6,4	5. Juni 1884	
<i>b</i>	♂	16	2	9,8	5,8	4. August 1884	
<i>c</i>	♂	17	3	10,1	6,4	14. Septbr. 1884	
<i>d</i>	♂	17	3	10,2	5,8	15. Septbr. 1884	
<i>e</i>	♂	16	3	9,9	6,4	20. Januar 1885	
* <i>f</i>	♂ juv.	16	3	9,9	6,3	15. Septbr. 1884	9646
<i>g</i>	♂ juv.	16	3	10,0	6,4	15. Septbr. 1884	
<i>h</i>	♀	16	2	9,8	5,5	19. Juni 1884	
<i>i</i>	♀	17	2	9,9	5,9	28. Juli 1884	
<i>k</i>	♀	16	2	9,4	6,3	15. Septbr. 1884	
<i>l</i>	♀	16	3	10,0	6,2	16. Septbr. 1884	
<i>m</i>	♀	17	3	10,2	6,6	9. October 1884	
* <i>n</i>	♀	16	2,5	10,1	6,0	17. October 1884	9647
<i>o</i>	♀	16	2	9,5	5,6	22. Januar 1885	
<i>p</i>	♀	16	3	9,4	6,1	24. Januar 1885	

II. RAPACES.

Fam.: FALCONIDAE.

8. *Falco melanogenys* Gould.

Gould, Proc. Zool. Soc. 1837, p. 139; Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. I, p. 385 (1874); W. Blasius, Braunschw. Anzeigen v. 3. März 1886, Nr. 52; id. Russ' Isis 1886, S. 103.

* „♀ Iris braun. Long. 46 cm. Diff. 2,5 cm. Wachshaut, Augenring goldgelb. Schnabel gelbgrün. Spitze schwarz. Füße goldgelb. 6. März 1895.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9649.)

Ein altes weibliches Exemplar, das in der Färbung im Allgemeinen der von Sharpe bei dieser Form citirten Abbildung Schlegel's von *Falco communis* (Valkv. Ned. Ind., Taf. 1, Fig. 2) entspricht; nur ist der Kopf oben und an den Seiten, sowie der Vorderrücken fast einfarbig schwarz und die Rostfarbe auf Brust und Leib ist geringer; dabei sind die Körperseiten, der Hinterleib und die unteren Schwanzdecken schiefergrau mit schwarzen Querbändern. — Ueber die Berechtigung zur Unterscheidung dieser mehr australischen Form von der europäischen (*Falco peregrinus*) ist vielfach hin und her gestritten. T. Salvadori scheint die Berechtigung nicht anzuerkennen (Ornitologia della Papuasias I., p. 32, 1880). Ausführlich und beherzigenswerth hat über diese Frage J. H. Gurney sen. kurze Zeit nachher gehandelt (Ibis 1882, p. 294 ff.) — Das mir vorliegende Exemplar von Rurukan macht in seiner mohrenartigen Färbung einen so verschiedenen Eindruck von unseren europäischen Wanderfalken, dass ich an der Artberechtigung nicht zweifle. — Wenn v. Rosenberg in seinem „Malayischen Archipel“ (S. 271) 1878 von der Minahassa (Celebes) erwähnt „*Falco communis*, ist nicht gemein; ein schönes Exemplar erhielt ich von Kema“, so ist es wohl wahrscheinlich, dass er auch *Falco melanogenys* damit gemeint hat. Ganz sicher ist dies aber nicht, da beide Formen sich z. B. auf Borneo begegnen sollen. Ich gebe noch die wichtigsten Maasse: Ala 34,1; Cauda 17; Culmen (mit Wachshaut, gerade gemessen) 3; Tarsus 5,2 cm.

9. *Hypotriorchis severus* (Horsf.).

Falco severus Horsfield, Transact. Linn. Soc., XIII, p. 135 (1822); Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. I, p. 397 (1874).

Drei Exemplare, ein ♂ (*a*) und zwei weibliche (*b* und *c*), alle bezeichnet: „Schnabel horngrau. Wachshaut, Augenring, Füße gelb. Iris braun“ (bei *a* „fraglich“).

Alle drei erscheinen auf den ersten Blick in dem vollständig ausgebildeten Kleide der Alten. Doch sind nur bei *c* die rothbraunen

Querbänder der Schwungfedern bis auf wenige Spuren an der Basis verschwunden. Bei *a* sind diese Querbänder noch zahlreicher, aber in der Farbe bereits sehr abgeblasst; bei *b* endlich sind dieselben in Zahl und Färbung am stärksten entwickelt. Andere Spuren des Jugendkleides, besonders auch röthliche Bänder in den Schwanzfedern, sind bei *a*, sowie bei *c* nicht mehr zu bemerken. Bei *b* finden sich in der Basalhälfte einiger Schwanzfedern noch Bänder mit röthlichem Schein. Salvadori's Diagnose (Ornit. d. Papuasias, Vol. I, p. 33) scheint nach Individuen, die noch nicht vollständig ausgefärbt gewesen sind, verfasst zu sein. Die beiden Weibchen zeichnen sich von dem Männchen, das eine fast weisse Farbe an Kehle und Kinn besitzt, durch mehr rostrothe Färbung an diesen Stellen aus.

Schwarze grosse Flecken auf den kastanienbraunen Federn der Unterseite finden sich nur an den Seiten der Brust, bei allen drei Individuen ziemlich gleichmässig; es wird dadurch ein in der Mitte unterbrochenes schwarzes Brustband gebildet, das in der Schlegel'schen Abbildung (Valkv. Ned. Ind., Taf. 1, Fig. 2, 3) nicht angedeutet ist.

Die wichtigsten Maasse zusammen mit den biologischen Angaben des Sammlers sind die folgenden:

Nr.	Geschlecht	Long cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	Tarsus cm	Datum	Museum- Inv.-Nr.
<i>a</i>	♂	25	0	20,2	10,2	2,4	2,9	3. August 1884	
* <i>b</i>	♀	29	0	23,4	11,2	2,5	3,6	11. Januar 1885	9648
<i>c</i>	♀	29	0	23,8	11,4	2,5	3,6	21. Januar 1885	

10. *Tinnunculus moluccensis occidentalis* Mey. u. Wigl

Meyer u. Wigglesworth, Vogelsammlung von Nordost-Celebes etc., Abh. u. Ber. d. k. Zool. u. Anthr.-Ethn. Mus., Dresden 1896/97, Nr. 2, S. 8 (1896).

Tinnunculus moluccensis, Hombron et Jacquinet, Voy. Pôle Sud, Zool. Atlas, pl. 1, fig. 1 (1842) et texte III, p. 46 (1853); Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. I, p. 430 (1874) (partim).

Zwei Individuen, beide bezeichnet: „Iris braun. Schnabel grau-blau. Wurzel gelb. Wachshaut und Füsse gelbbraunlich.“

- a*) ♂ L. 32 cm; D 5 cm. 9. September 1884.
b) ♀ „ 35 „ „ 6 „ 22. August 1884.

Zwei alte Vögel, welche genau Alles bestätigen, was ich in dem ersten Theile der Beiträge (p. 221) gesagt habe. An dieser Stelle konnte ich auch die Färbungsunterschiede bestätigen, auf welche schon Schlegel (Valkvogels N. I, 1866, p. 48) aufmerksam gemacht hat und auf welche im vorigen Jahre Meyer u. Wigglesworth wohl mit einigem Rechte die *subsp. occidentalis* begründet haben.

11. *Lophospizias griseiceps* (Schleg.).

Astur griseiceps Schlegel, Mus. P.-B. Astures, p. 23 (1862); Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. I, p. 106 (1874).

* „♀. Iris hellgelb. Long. 35 cm. Diff. 10 cm. Schnabel schwarz. Wachshaut gelbgrün. Füsse gelb. 28. November 1884. (Mus.-Inv.-Nr. 9650.)

Ein Exemplar im reiferen Jugendkleide, der Beschreibung Sharpe's (Cat. Birds Brit. Mus., Vol. I, p. 107, „Mature“) ziemlich genau entsprechend, jedoch die braunen Federn des Kopfes noch mit weisslichen Spitzen, die braunen Rückenfedern mit schmalen, die oberen Flügel- und Schwanzdeckfedern mit breiteren hellen Rändern. Die beiden mittelsten Schwanzfedern, offenbar schon erneuert, besitzen die vier dunklen Binden des Alters, alle übrigen dagegen fünf dunkle Binden, die auf den jederseits äussersten sehr undeutlich werden.

Die Tarsen, Zehen und Krallen sind sehr stark entwickelt, die Hosenfedern zeigen noch nicht die feine Bänderung des Alters, vielmehr breitere unterbrochene bräunliche Querbinden. Deutlich ist der Purpurglanz des braunen Rückengefeders, den die nahe verwandte Art *trivirgatus* in viel geringerem Grade zu besitzen scheint.

Auffallender Weise giebt Sharpe (l. c.) die Flügellänge von dieser geringer als von *griseiceps* an. Wenn ich jedoch das vorliegende Exemplar mit zwei anderen Bälgen von Celebes, die ich in meinem ersten Beitrage (S. 221) besprochen habe, und einem Exemplare von *trivirgatus* vergleiche, das Grabowsky in Borneo gesammelt hat (W. Blasius, Vogel von Borneo, Verh. d. k. k. zool.-bot. Ges., Wien 1883, S. 21), so finde ich bei der letzteren Art eine viel bedeutendere Flügellänge, überhaupt grössere Maasse, wie die folgende Tabelle lehrt:

Art	Individuum	Museum- Inv.-Nr.	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	Tarsus cm
<i>A. trivirgatus</i> . .	♀ (Borneo) . .	6707	21,7	18,0	3,2	6,3
<i>A. griseiceps</i> . .	♀ (Rurukan) . .	9650	19,0	16,5	3,1	5,6
<i>A. griseiceps</i> .	♂ ? (Celebes)	6679	17,6	14,5	2,7	5,2
<i>A. griseiceps</i> . .	♂ ad. (S.-Celebes)	11566	18,3	16,4	2,7	5,2

12. *Erythrospizias trinotatus* (Bp.).

Accipiter trinotatus Bonaparte, Consp. Av. I, p. 33 (1850) (ex Temm. M. S. in Mus. Lugd.).

Astur trinotatus Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. I, p. 102 (1874).

13 Exemplare befanden sich in der 1. Sendung, von denen die ersten neun (*a* bis *i*) ausgefärbt sind, während die letzten vier (*k* bis *n*) das Jugendkleid tragen. In der 2. Sendung befand sich noch ein ausgefärbtes altes Männchen (*o*).

Bei allen Stücken wiederholt sich auf den Etiketten: „Iris braun (bei den vier jungen: „graubraun“). Schnabel schwarz. Füsse gelb.“ Die Wachshaut ist bei den neun ersten alten Individuen „orange“, bei den vier jungen „gelb“ und bei dem letzten alten Männchen *o* „orange-gelb“ angegeben. Im trockenen Balge erscheint die Wachshaut dunkelgrau bis schwarz, ohne Spur von Gelb.

Die grosse Zahl vorliegender Bälge, zu denen ich noch zwei junge Duyvenbode'sche Exemplare des Braunschweiger Museums, Nr. 5410 (σ ? juv.) und 5769 (φ ? juv.), hinzufügen kann, giebt mir Veranlassung, Einiges über die eigenthümliche Färbung des Schwanzes anzuführen, die von Schlegel (Mus. Pays-Bas, Astures, p. 45; Accipitres, p. 90) mit Ausnahme des Umstandes, dass von ihm die weissen Flecken fälschlich auf die „barbe externe“ statt auf die Innenfahne der Schwanzfedern gesetzt werden, richtiger beschrieben zu sein scheint, als von Sharpe (Cat. Birds Brit. Museum, Vol. I, p. 102). Abgesehen von einer oder zwei jederseits äussersten Schwanzfedern, welche in der Jugend bei rothbrauner, im Alter bei grauer Grundfarbe zahlreiche helle Querbänder auf der Innenfahne besitzen, sind die mittleren Schwanzfedern jedesmal auf der Innenfahne mit weissen Bändern versehen, die um so mehr in ovale und rundliche Tropfenflecken übergehen, je centraler die Federn liegen und die höchstens zu vier und mindestens zu drei auf einer Feder sich vertheilt finden. Vier solcher Bänder, bezw. Flecken besitzen z. B. die beiden Duyvenbode'schen Bälge 5410 und 5769 und die Platen'schen Bälge *m* und *n*; alle anderen zeigen drei. Es scheint daher die Vierzahl nur in der Jugend vorzukommen, aber nicht allen Vögeln im Jugendkleide eigen zu sein. Bei allen genannten jungen Vögeln, sowie bei *l* ist jederseits nur eine äusserste Schwanzfeder rothbraun und vielbänderig. Bei *k* dagegen sind es linkerseits zwei, und rechterseits zeigt die zweitäusserste Feder noch eine rothbraune Aussenfahne, während die Innenfahne bei schwärzlicher Grundfarbe schon die drei hellen Querbänder besitzt. Diese letztere Feder scheint in Umfärbung begriffen zu sein, was die diesbezüglichen Angaben Sharpe's (l. c.) bestätigen durfte, im Gegensatz zu Brüggemann, der das Kleid der Alten ausschliesslich durch Mauser entstehen lassen will (Abh. Naturw. Vereins Bremen, Bd. V, S. 45). Die ausgefärbten Bälge haben, mit einziger Ausnahme von *a* und *b*, bei der auch an den jungen Exemplaren festzustellenden Zwölfzahl der Schwanzfedern, jederseits aussen eine graue und vielbänderige; *b* hat zwölf Schwanzfedern, von denen jede die Dreizahl der weissen Bänder und Flecken zeigt, und *a*, dessen Schwanzfedern gerade in der Mauser begriffen sind und daher sehr verschiedene Entwicklungsstufen zeigen, hat 14 Schwanzfedern, von denen jederseits eine äusserste grau und vielbänderig ist.

Das in der späteren Sendung befindliche ausgefärbte alte Männ-

chen besitzt einen zwölffederigen Schwanz, der in der Mauser begriffen ist (die äusserste Schwanzfeder links ist noch unentwickelt, scheint aber mit grauer Farbe und mehreren weissen Binden sich zu entwickeln; die äusserste Schwanzfeder der anderen Seite ist abgenutzt, grau mit fünf bis sechs weissen Binden).

Sehr charakteristisch scheint im Vergleich zu den anderen Sperberarten von Celebes für *Erythrospizias trinotatus* zu sein, dass die Querbänderung an den Innenfahnen der innersten Mittelschwingen verhältnissmässig sehr zurücktritt oder ganz verschwindet, so dass an diesen die Innenfahne mit Ausnahme der dunklen Spitze oft rein weiss wird. Allerdings giebt es hierbei wieder individuelle Verschiedenheiten, und im Allgemeinen sind die jungen Vögel mehr auch an diesen Stellen der Querbänderung unterworfen, als die alten. Der junge Balg *k*, der schon oben wegen seiner in Umfärbung begriffenen Schwanzfedern erwähnt wurde, unterscheidet sich von den übrigen Jugendkleidern durch eine etwas stärkere derartige Querbänderung, dabei durch eine dunkler kastanienbraune Färbung des Rückens, durch eine mehr isabell-rostgelbliche Färbung der Unterseite und durch breitere und dunklere und mehr nach dem Unterleibe sich ausbreitende länglich-ovale Schaftflecken an derselben. — Die Flügelspitze scheint bei allen Individuen, bei denen nicht die Mauser das Verhältniss verschiebt, von der vierten und fünften Schwungfeder gebildet zu werden. Ebenso häufig ist aber im Gegensatz zu Schlegel's Angabe die vierte Schwinge etwas länger als die fünfte, wie auch umgekehrt. — Die Art hat in allen Entwicklungsstadien, wie *Accipiter rhodogaster*, eine deutlich gebänderte Unterseite der Schwungfedern. Da *Tachyspizias soloensis* in der Jugend weniger deutliche und im Alter gar keine Bänderung der Unterseite der Schwungfedern zeigt, ist dies in den Fällen, wo die charakteristische Färbung des Schwanzes nicht direct zu beobachten ist, wohl zur Unterscheidung der genannten Arten zu benutzen.

Zum Schluss lasse ich noch eine Tabelle der wichtigsten Maasse folgen, mit welcher ich die Angaben des Sammlers über die einzelnen Individuen verbinde:

Nr	Ge- schlecht	Long cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	Tarsus cm	Datum	Museum- Inv-Nr.
* a	♂ ad	28	7,5	15,8	13,7	2,1	5,3	20. Juni 1884	9651
b	♂ ad	29	8	15,3	13,0	2,1	5,1	16. Sept. "	
c	♂ ad	28	7	15,7	12,8	2,25	5,1	8. Oct. "	
d	♂ ad	28	7	16,1	13,5	2,05	5,0	24. Oct. "	
e	♂ ad	28	7	15,7	13,3	1,9	5,3	2 Dec. "	
f	♀ ad	31	9	16,3	13,3	2,15	5,6	11. Juni "	
g	♀ ad	31	9	16,8	13,4	2,3	5,7	12. Sept. "	
* h	♀ ad	30	9	17,0	14,3	2,3	5,5	18. Sept. "	9652
i	♀ ad	30	8	17,0	14,8	2,15	5,5	8. Oct. "	

Nr.	Ge- schlecht	Long cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	Tarsus cm	Datum	Museum- Inv.-Nr.
* k	♂ juv.	29	7	16,0	13,4	ca. 2,1 (def)	5,1	4. Juni 1884	9653
l	♂ juv.	29	7	15,4	13,6	1,95	5,1	7. Juli „	
m	♂ juv.	29	7,5	16,3	13,6	2,2	5,3	18. Aug. „	
n	♂ (? ♀) juv.	30	7,5	17,0	14,5	2,25	5,8	19. Aug. „	
o	♂ ad	30	7	15,5	13,0	1,9	5,2	20. Apr. 1886	
5410	(? ♂) juv.	—	—	15,1	12,0	2,05	5,3	—	
5769	(? ♀) juv.	—	—	17,0	13,4	2,4	5,4	—	

Ernst Hartert (Novit. Zoolog., Vol. III, June 1896, p. 162) hat kürzlich die Vögel von Süd-Celebes, welche am Leibe weisser, am Hinterleibe und den unteren Schwanzdecken rein weiss. an den Hosenfedern weiss mit höchstens etwas rosigem Anfluge an den oberen Theilen sein und einen sehr dunkel schwärzlich grauen Rücken mit deutlich hellerer Färbung am Kopfe und Nacken besitzen sollen, als *subsp. haestandus* unterschieden. Ich besitze leider kein Vergleichsmaterial aus dem Süden der Insel.

Ausser den oben angeführten Bälgen sandte Platen einen einzelnen Balg von zwergenhafter Grösse, der auch in Betreff der Zeichnung der Schwanzfedern eine bemerkenswerthe Abweichung zeigt, und den ich, nach vielfachen Vergleichen, vorläufig mit einem besonderen Namen als Unterart oder Varietät glaube unterscheiden zu können:

Erythrospizias trinotatus nanus nov. subsp. s. var.

Die Notizen des Sammlers lauten: „♂? — Iris orange, L. 24, D. 5 cm. Schnabel schwarz, Wachshaut gelbgrün. Füsse gelb. Rurukan, Minahassa, 19. August 1884.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9655.) — Die Wachshaut ist im trockenen Balge schwarz, wie bei den übrigen Bälgen von *E. trinotatus*, nicht gelb, wie bei *Tachyspizias soloensis*, mit welcher Art äusserlich grosse Aehnlichkeit besteht. Der Vogel ist an derselben Stelle und zur selben Zeit erlegt, wie die übrigen Bälge. Allein die Grössenverhältnisse, besonders des Schwanzes und Laufes: Ala 15,3; Cauda 11,1; Rictus 1,8; Tarsus 4,2 cm, sind bei vollständiger Ausfärbung, wonach ein vollständig ausgewachsener Zustand anzunehmen ist, im Ganzen so viel geringer, dass das Verhältniss nicht mit Stillschweigen übergangen werden kann.

Brust und Vorderleib sind dunkelweinroth, der Hinterleib und die unteren Schwanzdecken rein weiss, die Hosenfedern rein weiss mit zartem grauen Anfluge. Die ganze Oberseite ist einfarbig schwärzlichgrau. Die weissen Flecken in den Schwanzfedern treten dabei nur ganz wenig hervor, da das mittelste Schwanzfederpaar auf der Innenfahne nur ganz kleine, höchstens linsengrosse, weisse, zum Theil noch verwaschene Flecken besitzt. Die äusseren Schwanzfedern haben auf der Innenfahne

je drei bis fünf grosse, rein weisse, keilförmige Flecken, die bandartig angeordnet sind und an den äusseren Schwanzfedern nicht bis zum Schafte durchgehen. Von unten gesehen erscheinen die Schwanzfedern deutlich weisslich und graubraun, bezw. schwärzlich gebändert. Die unteren Flügeldecken sind weiss mit leichtem rostfarbenen Anfluge und braungrauen Flecken. Die Schwungfedern sind auf der Innenseite sehr deutlich weiss und schwärzlich gebändert. Es erinnert die ganze Zeichnung sowohl an *Erythrospizias trinotatus* als auch an *Tachyspizias soloensis*. Der letzteren Art nähert sie sich auch in der Schnabelform, während die dunkle Wachshaut des Balges auf *E. trinotatus* hindeutet. Ob hier nur eine Zwergform mit zufälliger Farbenabweichung, oder ob eine Bastardform vorliegt, oder gar eine gute Art, muss der Untersuchung weiteren Materials vorbehalten bleiben. Meines Wissens ist leider seit 1884 kein anderes ähnliches Zwergexemplar vorgekommen. — Brüggemann hat auch einmal bei *Accipiter rhodogaster* ein noch kleineres Zwergexemplar feststellen können (Abh. Nat. Ver. Bremen, Bd. V, S. 45, 1876). Ich habe dabei übrigens fast den Verdacht, dass es sich in jenem Falle auch um ein Individuum der jetzt vorliegenden Art gehandelt hat. Habe ich doch selbst das vorliegende Stück anfangs längere Zeit zu *Accipiter rhodogaster* gestellt, bis ich die Färbung der Schwanzfedern und das charakteristische Grössenverhältniss der Mittelzehe zur Schnabelfirste beachtete! — Wenn ich in meiner ersten Mittheilung über die Platen'schen Sendungen „von einer eigenthümlichen Uebergangsform (vielleicht einem Bastarde) zwischen zwei Sperberarten“ sprach, so hat es sich dabei um das vorliegende Stück gehandelt, das mir von vornherein als merkwürdig erschien, ohne dass ich schon damals mit der Beschreibung und Benennung glaubte vorgehen zu dürfen.

13. *Tachyspizias soloensis* (Lath.).

Falco soloensis Latham., Gen. Hist. I, p. 209 (1821).

Astur soloensis et cuculoides Sharpe, Cat. Birds Brit Mus. I, p. 114 und 115 (1874).

Sechs Exemplare, zwei, nämlich *c* und *d*, vollständig oder fast ganz ausgefärbt, die anderen, *a*, *b*, *e* und *f*, im Jugendkleide; bei allen sind die „Füsse gelb“ bezeichnet, der Schnabel „schwarz“ (nur bei *d* „grauschwarz“), die Wachshaut „gelb“ (nur bei *c* „orange“). Im trockenen Balge bleibt die gelbe Farbe der Wachshaut deutlich erhalten, ein Umstand, der schon von Weitem die Unterscheidung dieser Art von *Erythrospizias trinotatus* mit dunkler Wachshaut ermöglicht.

<i>a</i>)	♂ (juv.)	Iris goldgelb	L. 28 cm;	D. 4,5 cm;	11. Octob. 1884	
* <i>b</i>)	♂	„	„	28 „	„	4,5 „ 14. „ 1884 Mus.-Inv.-Nr. 9656
* <i>c</i>)	♂ (ad.)	braun	„	26 „	„	4,5 „ 16. „ 1884 „ „ „ 9657
<i>d</i>)	♀	gelb	„	27 „	„	5 „ 14. „ 1884
* <i>e</i>)	♀ (juv.)	goldgelb	„	29 „	„	5 „ 26. „ 1884 „ „ „ 9658
<i>f</i>)	♀	„	„	29 „	„	5 „ 3. Decb. 1884

Die vorliegenden Bälge, mit denen ich einen von G. A. Frank in Amsterdam 1878 dem Braunschweiger Museum geschenkten Balg von Solo im Alterskleide vergleichen kann, bieten einige bemerkenswerthe Eigenschaften dar: Der offenbar ganz ausgefärbte Balg *c*, der eine dunkelschiefergrauschwarze Oberseite mit grauem Nackenband und grauen Kopfseiten besitzt und dabei an dem mittelsten schiefergrauschwarz gefärbten Schwanzfederpaare gar keine Querbänder und an den grauen, jederseits äussersten Schwanzfedern nur eine geringe Andeutung solcher zeigt, hat zugleich die am meisten abgeblasste Färbung der weinrothen Brust und vollständig rein weisse untere Flügeldecken. Da auch die Iris „braun“, die Wachshaut „orange“ angegeben ist, so würde hier ein fast typisches Exemplar von *T. cuculoides* vorliegen, sowie Sharpe diese Form von Neuem unterschieden hat (Cat. Birds Brit. Mus., Vol. I, p. 115 und Pl. IV, Fig. 2), wiewohl der Balg an der Brust nicht ganz so abgeblasst ist, wie dies in der Sharpe'schen Figur und in der Originalabbildung bei Temminck (Pl. Col. II, pl. 129, 1823) dargestellt ist. Es war mir schon immer sehr unwahrscheinlich, dass zwei so nahe verwandte Formen, wie *soloensis* und *cuculoides*, mit Aufrechterhaltung spezifischer Abtrennung neben einander auf einer und derselben Insel vorkommen sollten. Noch unwahrscheinlicher wird aber die Artberechtigung, wenn sie nun sogar auch an einem und demselben Orte in denselben Tagen erlegt werden. Denn die anderen vorliegenden Bälge sind typische Exemplare von *T. soloensis*, nur bei dem jungen Männchen *a* sind die Kopfseiten heller, die unteren Flügeldeckfedern mehr weiss und weniger rostgelblich gefärbt, als bei den übrigen Stücken. Hier liegt also ein Uebergang zu *T. cuculoides* vor. Wahrscheinlich dürfte *T. soloensis* im hohen Alter die charakteristischen Merkmale von „*cuculoides*“ annehmen. Die Platen'schen Bälge sprechen wenigstens für die spezifische Vereinigung der beiden Formen, welcher ja auch Salvadori mehr oder weniger zuneigte. Die eine Originalabbildung von Temminck (Pl. Col. I, p. 110), die ein junges Weibchen von *T. cuculoides* darstellt, stimmt zudem fast genau mit Platen's Balge *e* (♀ juv.) überein. — Der Balg *d* ist ein fast ausgefärbter Vogel, der aber an den Weichen noch die Spuren des Jugendkleides in den quer gebänderten Federn zeigt; der Rücken hat noch etwas bräunlichen Farbenton; die 12 Schwanzfedern sind sämmtlich quer gebändert; die dunkelweinrothe Brust ist mit helleren Federn unregelmässig durchsetzt, und die quergebänderten Wurzeltheile der Brustfedern treten einigermaassen deutlich hervor, so dass die Brust und der Vorderleib ein scheckiges und etwas gebändertes Aussehen erhält.

Wenn ich die vier Jugendkleider mit einander vergleiche, so zeigen sich einige Geschlechtsunterschiede auf den ersten Blick: Bei den augenscheinlich etwas kleineren und zarter gebauten Männchen

sind die Hosen mit langen Querbändern versehen und die Brust mit dunklen länglichen, tropfenartigen Schaffflecken, die am Vorderleibe und an den Weichen allmählich in breite Querbänder übergehen (bei *a* ist diese Zeichnung mehr dunkelbraun, bei *b* mehr rostbraun); die grösseren Weibchen dagegen (*e* und *f*) haben an den Hosen kürzere mehr zickzackförmige und unregelmässige Querbänder; die Längsflecken an der Brust sind breiter, höchstens etwa oval, und gehen am Leibe in kurze, etwa halbmondförmige Querbänder über; die bräunliche Färbung aller dieser Bänder und Flecken ist bedeutend heller als beim männlichen Geschlecht. Im Uebrigen entsprechen alle vier Jugendkleider, von kleinen, offenbar individuellen Abweichungen in der Färbung der Seiten von Kopf und Nacken abgesehen, der Sharpe'schen Beschreibung.

Ich lasse noch die wichtigsten Maasse folgen:

Tachypizias soloensis	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	Tarsus cm
Frank Nr. 3650	19,6	14,1	2,1	4,0
Platen ♂ <i>a</i>	19,3	13,2	2,0	3,8
„ ♂ <i>b</i> Mus.-Inv.-Nr. 9656	18,2	12,2	2,1	3,9
„ ♂ <i>c</i> „ „ „ 9657	19,6	12,7	1,95	3,8
„ ♀ <i>d</i>	18,6	13,0	2,15	4,1
„ ♀ <i>e</i> Mus.-Inv.-Nr. 9658	19,7	14,1	2,1	4,2
„ ♀ <i>f</i>	19,3	12,7	2,0	4,1

14. *Accipiter rhodogaster* (Schleg.).

Nisus virgatus rhodogaster Schlegel, Mus. P.-B., Astures p. 32 (1862).

Accipiter rhodogaster Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. I, p. 145 (1874).

Terpiza rhodogaster Platen, Gef Welt 1887, S 218.

Zwei Exemplare (*a* ♂ und **b* ♀), beide bezeichnet, „Iris goldgelb“. Füsse „gelb“ (bei *b* „hellgelb“).

a) ♂ L. 26 cm; D. 5,5 cm Schnabel grauschwarz, Wachshaut gelb. 12. Juni 1884
 **b*) ♀ „ 32 „ „ 7 „ „ hornschwarz, „ gelbgrün. 29. Juli 1884

a ist ein altes Männchen in ausgefärbtem Kleide, doch in einigen Punkten von dem früher von mir erwähnten Riedel'schen Balge (II. Beitrag, S 85) abweichend. An keiner Stelle befinden sich in dem grauschwarzen Gefieder der Oberseite noch rothbraune Federn des Jugendkleides eingestreut; dabei hat das Kinn ein reineres Weiss, und die weinrothe Färbung von Brust und Vorderleib ist etwas grau verwaschen und getrübt. Eine einzige Schwanzfeder zeigt Spuren rothbrauner Färbung in den hellen Bändern. Im Uebrigen ist die Bänderung des Schwanzes und der Schwungfedern und die einfarbige graue Zeichnung der Tibien im Allgemeinen die gleiche. Charakteristisch scheint zu sein, dass die weissen Bänder und Flecken auf der Innen-

fahne der inneren Mittelschwingen die Spitze etwa 2 bis 2½ cm frei lassen.

Das ♀ *b* mit robusteren Tarsen und Zehen entspricht einem Uebergange zwischen dem an *Tinnunculus* erinnernden Jugendkleide, welches Walden (Birds of Celebes, p. 109) beschrieben und (Pl. XI) abgebildet hat, und dem ausgefärbten Kleide: Der ganze Rücken, der Schwanz und die Flügel sind aus den rothbraunen gebänderten Federn des Jugendkleides und dem grauschwarzen Gefieder des Alters gemischt. Dabei ist die Unterseite in den vorderen Theilen an Kinn, Kehle und Brust schon wie im Alter gefärbt. Die weinrothe Brust und der gleichfarbige Vorderleib besitzen nur graue und weissliche Federränder. Der weisse Unterleib ist grau quergebändert und die unteren Schwanzdeckfedern haben wenige graue Schaftflecken. Die Tibien sind theils mit grauen Federn, theils mit isabellfarbenen Federn, die grosse braune Längsflecken besitzen, befiedert und machen daher einen sehr bunten Eindruck.

Bei der ausserordentlichen Aehnlichkeit dieser Art mit den verschiedenen anderen in Celebes vorkommenden Sperber-Arten dürfte es nicht unwichtig sein, hervorzuheben, dass man die *Accipiter*-Art, abgesehen von den verhältnissmässig im Vergleich zur Schnabelfirste längeren Zehen (der um mehr als das Doppelte die Schnabelfirste überragenden Mittelzehe), auch an dem gerade abgestutzten Schwanz erkennen kann, während die anderen Sperber-Arten ausser der kürzeren (die doppelte Firstenlänge nicht erreichenden) Mittelzehe einen abgerundeten Schwanz besitzen.

Ich lasse noch die wichtigsten Maasse der mir vorliegenden vier Exemplare folgen:

<i>Accipiter rhodogaster</i>	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	Tarsus cm
Riedel ♂	16,7	12,7	1,7	4,6
Platen ♂ <i>a</i>	16,8	12,1	1,9	4,8
„ ♀ <i>b</i> M.-Inv.-Nr 9654	20,0	14,8	2,2	5,7
Duyvenbode ♀ juv.	17,5	14,6	2,2	5,8

15. *Neopus malayensis* (Temm.).

Falco malayensis Temminck, Pl. Col. I, pl. 117 (1824) (ex Reinw. M. S)
Neopus malayensis Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. I, p. 257 (1874).

Drei Exemplare, sämmtlich bezeichnet: „♀. Iris braun. Wachshaut und Füsse bräunlichgelb.“

a ist ein ausgefärbter Vogel im schwarzen Kleide, *b* und *c* dagegen besitzen das Jugendkleid, ähnlich wie es z. B. von Sharpe (Cat. Birds Brit. Mus., Vol. I, p. 257) beschrieben wird. Die weissen Spitzenflecken

der Mittelschwingen, der Mantel- und der Flügeldeckfedern sind nur grösstentheils abgenutzt und daher nur an einigen Stellen noch deutlicher zu sehen, letzteres z. B. bei *b* mehr an den kleinen Flügeldeckfedern, bei *c* an den Mantelfedern. *c* unterscheidet sich, von der geringeren Grösse (Rictus 4,8, Tarsus 6,6 cm) abgesehen, auch noch dadurch von *b*, dass die unteren Schwanzdeckfedern bei dunkler, rostbräunlicher Grundfarbe die dunkelbraune Querbänderung und wurmförmige Zeichnung deutlicher zeigen, sowie auch bei *c* die ganze Unterseite einen dunkleren Ton der Rostfarbe zeigt und die Federn an Kinn und Kehle, am Leibe und an den Tibien deutliche dunkle Schaftstriche besitzen, und die abwechselnd dunklen und hellen Querbänder der Schwanzfedern, soweit sie überhaupt deutlich hervortreten, ziemlich gleichbreit (etwa 1 cm) erscheinen. Bei *c* sind auch die oberen Schwanzdeckfedern deutlich weiss quer gebändert, und mehrere graue Schwanzfedern sind im Nachwachsen begriffen. Ich füge noch für die wichtigsten Maasse und die genauen Angaben des Sammlers die folgende Tabelle hinzu:

Nr.	Geschlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Schnabelfarbe		Datum	Museum- Inv.-Nr.
						Wurzel	Spitze		
*a	♀	69	—6	58	30	gelbweiss	schwarz	14. Oct. 1834	9659
*b	♀ juv.	63	—3,5	54,7	29,3	graublau	schwarz	31. Decb 1834	9660
<i>c</i>	♀ juv.	55	—3	50,5	28,2	blaugrau		9. Novb. 1834	

16. *Lophotriorchis kieneri* (Geoffr.).

Astur kieneri Geoffroy St. Hilaire, Rev. Zool. 1845, p. 35.

Lophotriorchis kieneri Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. I, p. 255 (1874).

* „♂. Iris braun. Long. 50 cm. Diff. 6 cm. Schnabel grauschwarz. Wachshaut und Füsse gelb. 22. Januar 1885.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9662).

Ein ausgefärbter Vogel, der Sharpe's Beschreibung (Cat. Birds Brit. Mus., Vol. I, p. 256) entspricht. Die wichtigsten Maasse sind die folgenden:

Ala 33,5; Cauda 18,7; Culmen (mit Wachshaut gerade gem) 3,1, Tarsus 6,6 cm.

Reichenow war der Erste, welcher nach einer von Celebes dem Berliner Museum zugegangenen Sammlung von Vögeln die Art als auf dieser Insel vorkommend hat feststellen können (Journ. f. Ornith. 1877, S. 218). Es scheint im Ganzen die Art selten in ihrem Verbreitungsbezirke (Hinterindien, Malakka und einigen Sunda-Inseln) vorzukommen. Jedenfalls ist die Bestätigung des Vorkommens durch Platen von einigem Interesse.

17. *Spizaetus lanceolatus* Bp.

Bonaparte, *Conspectus Av.* I, p. 29 (1850); Sharpe, *Cat. Birds Brit. Mus.* I, p. 270 (1874).

* „♂. Iris braun. Long. 61 cm. Diff. 13 cm. Schnabel schwarz. Wachshaut grau. Füsse gelblich. 18. September 1884.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9661.)

Ein Jugendkleid, das an der Brust nur eine Andeutung von Rostgelb und ganz wenige, etwa linsengrosse dunkelbraune Schaftflecken und an den unteren Schwanzdeckfedern verwaschene Querbänder besitzt, im Uebrigen eine rein weisse Unterseite, also auch keine schwarzen Streifen an der Kehle zeigt. An den Schwanzfederspitzen sind die Dunenanhänge noch nicht abgestossen. Kopf und Nacken sind ungefleckt weiss, isabellfarben überflogen. Am Hinternacken beginnen nach hinten zu auf den weissen Federn allmählich grösser werdende braune Flecken, die auf dem Rücken immer weniger weisse Färbung übrig lassen. Die Schwanzfedern zeigen je sechs bis sieben deutliche abwechselnde helle und dunkle Querbänder.

Die wichtigsten Maasse des Balges sind die folgenden:

Long. tot. 62,5; Ala 37; Cauda 29; Culmen 3,7; Tarsus 9,5 cm.

Im Allgemeinen bestätigt sich, was ich in meinem dritten Beitrage (S. 195, 196) über die Art gesagt habe.

18. *Pandion haliaëtus leucocephalus* Gould.

Falco haliaëtus Linne, *Syst. Nat.* I, p. 129 (1766) (partim).

Pandion leucocephalus Gould, *Syn. B. Austr.* pt. III, pl. 6 (1838).

Pandion haliaëtus subsp. leucocephalus Sharpe, *Cat. Birds Brit. Mus.* I, p. 451 (1874).

„♂. Iris goldgelb. Long. 51 cm. Diff. — 3 cm. Schnabel schwarz. Wachshaut grau. Füsse graubraun. 2. März 1885.“

Der Balg ist grösser als ein ähnliches gestopftes Exemplar des Braunschweiger Museums aus Australien und unterscheidet sich von letzterem fast ganz weissköpfigen Individuum durch die Ausbildung von mehreren 1 bis 1½ cm langen und einige Millimeter breiten braunschwarzen Längsflecken an dem weissen Kopfe, welche so gruppiert sind, dass sich über beiden Augen beginnend eine hufeisenförmige unterbrochene Krone ausbildet. Die Brustfedern sind braun mit weissen, ziemlich weit abgenutzten Rändern; die Vorderbrust hat breite dunkelbraune Schaftflecken auf weissem Grunde, und Kehle und Kinn zeigen linearische Schaftstriche; die ganze übrige Unterseite ist rein weiss. Die Rückenfedern zeigen Spuren hellerer Berandung. Die wichtigsten Maasse sind: Ala 46,4; Cauda 19,5; Rictus 4,3; Tarsus ca. 5,6 cm.

Die Sanghir-Form habe ich geglaubt als die westliche Form (*Pandion haliaëtus*) aufführen zu sollen (Wilh. Blasius, *Die Vögel von Gross-Sanghir*, *Ornis* IV, Heft 4, S. 539, 1888), wobei ich die Frage, ob

die Celebes-Vögel der australischen Form angehören oder nicht, noch offen lassen musste. Ich gebrauche oben die Bezeichnung, die Ernst Hartert für ein Exemplar der Insel Kalao angewendet hat (Novitates Zoologicae, Vol. III, 1896, p. 178), weil ich glaube, dass der Celebes-Vogel der australischen Form näher steht und dass diese nicht volle Artberechtigung besitzt. Auffallend ist es immerhin, dass auf den Sanghir-Inseln die westliche und in Celebes die östliche Form vorkommt.

19. *Haliaeetus leucogaster* (Gml.).

Falco leucogaster Gmelin, Syst. Nat. I, p. 257 (1788 ex Lath.).

Haliaeetus leucogaster Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. I, p. 307 (1874).

„♀. Iris braun. Long. 66 cm. Diff. — cm. Schnabel und Wachshaut grauschwarz. Füsse graubraun. 1. October 1884.“

Ein ausgefärbtes Exemplar mit Weiss und Schwarzgrau. An Grösse stimmt dasselbe ungefähr, sowie in der Färbung, mit zwei Exemplaren des Braunschweiger Museums, einem von Gorontalo (Celebes) und einem anderen von den „Molukken“, überein. Die Maasse sind:

Ala 44,7, Cauda 24,3; Rictus 5,9; Tarsus 9,2 cm.

20. *Spilornis rufipectus* Gould.

Gould, Proc. Zool. Soc. 1857, p. 222; Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. I, p. 291 (1874).

Zehn Exemplare gehörten der 1. Sendung an, acht (*a* bis *h*) im ausgefärbten, zwei (*i* und *k*) im Jugend- oder Uebergangskleide. In der späteren Sendung befand sich noch ein offenbar altes Individuum (*l*) mit verhältnissmässig sehr dunklem Nacken und ohne Weiss an und hinter demselben. Bei allen ist die „Iris goldgelb“ angegeben, bei den beiden jüngeren Individuen (*i* und *k*): „Wachshaut graublau. Füsse gelbbräunlich“, bei den 9 älteren: „Wachshaut, Augenring und Füsse hellgelb.“

a) ♂	L. 48 cm; D. 8 cm.	Schnabel hornschwarz	14. August 1884
b) ♂	„ 52 „ „ 9 „	„ „	16. August 1884
c) ♂(? ♀)	„ 50 „ „ 8 „	„ „	21. Novbr. 1884
d) ♀	„ 51 „ „ 7 „	schwarz, Wurzelhälfte weissgelb	18. August 1884
e) ♀	„ 51 „ „ 8 „	„ „	25. August 1884
f) ♀	„ 51 „ „ 9 „	hornschwarz	27. Septbr. 1884
g) ♀	„ 50 „ „ 6,5 „	schwarz, mit weissl. Flecken	30. Octobr. 1884
h) ♀	„ 50 „ „ 9 „	schwarz, Wurzel weissgelb	17. Novbr. 1884
i) ♂ juv.	„ 49 „ „ 8 „	schwarz	26. Octobr. 1884
k) ♀ juv.	„ 50 „ „ 9 „	„	12. Decbr. 1884
l) ♂	„ 48 „ „ 8 „	hellgelb, Spitze blauschwarz	23. April 1886.

Die alten Exemplare zeigen durchweg im Vergleich zu den früher von mir untersuchten Bälgen aus Süd-Celebes eine dunklere Färbung der Brust, der Art, dass die hellste Färbung der nordlichen Individuen ungefähr der dunkelsten bei den südlichen entspricht. Sehr auffallend ist auch die Verschiedenheit der Färbungen bei den verschiedenen Individuen eines und desselben Geschlechts. Wenngleich die

Männchen im Allgemeinen auch wieder eine hellere Brust besitzen, so kommt doch z. B. das Männchen *c* der dunkelsten Brustfärbung der Weibchen (*d* und *h*) nahe; und das Weibchen *f* steht mit seiner helleren Brustfärbung auf dem Standpunkte der anderen Männchen. Hiernach muss das bei Besprechung der südlichen Bälge Gesagte berichtigt werden: Die grössere oder geringere Dunkelheit der rothbraunen Färbung der Brust scheint nicht allein nach dem Geschlechte, sondern auch nach dem Alter zu variiren. Je dunkler die Brust, desto dunkler ist Nacken und Rücken, desto kleiner sind die rostfarbenen Ränder an den Nackenfedern, desto mehr dunklen Purpurglanz besitzen die Rückenfedern. Im ersten Augenblick ist man geneigt, die dunkleren Individuen für die älteren zu halten. Doch dieser Ansicht scheint das Exemplar *c* zu widersprechen. Dasselbe hat noch die mattbraune Färbung der Flügel, welche das Jugendkleid besitzt und ebenso die für das Jugendkleid charakteristische weisse Färbung der unteren Flügeldeckfedern mit rostbraunen Flecken und nur in der Nähe des Flügelbugs eine geringe Entwicklung der für das Alterskleid charakteristischen weissen Tropfenflecken. Dabei ist die Brust dunkelrothbraun und der Rücken dunkelpurpurbraun, und die Nackenfedern haben nur schmale rostbraune Ränder. Auch in der Bildung der weissen Tropfenflecken am Leibe ist dieses Exemplar abweichend. Während alle anderen Individuen mehr oder weniger deutlich den früher von mir erläuterten Geschlechtsunterschied hierin zeigen, steht dieses männliche Stück mehr auf dem Standpunkte der Weibchen. — Bei der Untersuchung der Bälge auf die weissen Binden der Bürzelfedern und die dunklen Binden des Schwanzes zeigt sich keine bestimmte Gesetzmässigkeit.

Die beiden Jugendkleider *i* und *k* ähneln im Allgemeinen dem früher von mir erwähnten jungen Riedel'schen Balge des Braunschweiger Museums, haben jedoch an der Brust schmalere (bei *k* fast linearische) dunkle Schaftstriche der hellen Federn, und auch an den Federn des Leibes eine geringere Ausdehnung der rostbraunen Längsflecken. Im Uebrigen sind die Kleider sehr ähnlich; speciell scheint der breite braunschwarze Augenstreifen für das Jugendkleid sehr charakteristisch. Die Bänderung des Schwanzes ist wieder recht verschieden. Das Weibchen besitzt, ähnlich wie das Riedel'sche junge Weibchen, zahlreiche deutliche, schmalere, dunkle Querbänder; das Männchen dagegen breitere, verwaschene und weniger dunkle Bänder, statt dessen eine starke Andeutung eines hellen, subterminalen Bandes etwa 5 cm vor der Spitze der Schwanzfedern. — Beide junge Exemplare sind mit Spuren eines Uebergangskleides versehen: bei *k* tritt in der Mitte der Unterseite eine Feder mit drei Paar weissen Tropfenflecken auf und an der rechten Hose ebenfalls eine Feder mit Tropfenflecken und Andeutung von Querbändern; bei *i* finden sich zahlreiche,

mit hellen Querbändern und Tropfenflecken versehene Federn in den Weichengegenden und an der linken Hose eine Feder mit fünf weissen Querbinden. Es ist auffallend, dass auch *i* schon das Kleid des Alters auszubilden beginnt, obgleich der Vogel noch eine geringe Grösse (Ala 31 cm) zeigt.

Die Grösse (Ala 33,8, Cauda 23,4 cm) ist bei dem alten Individuum der späteren Sendung (*l*), das der Sammler als ♂ etikettirt hat, so bedeutend, dass man dasselbe eher für ein weibliches halten möchte.

21. *Haliastur girrenera ambiguus* (Brüggem.)

Haliaetus girrenera Vieillot, Gal. Ois I, pl X (1825) (partim).

Haliastur indus subsp girrenera Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. I, p. 315 (1874).

Haliaetus indus var. ambiguus Brüggemann, Beiträge zur Ornithologie von Celebes etc. Abh. Nat. Ver., Bremen, Bd V, S. 45 (1876).

Haliaetus girrenera var. ambiguus W. Blasius, Ornis IV, Heft 4, S. 543 (1888).

* „♂. Iris graubraun. Long. 47 cm. Diff. — cm. Schnabel schwarz. Füsse und Wachshaut grau. 1. September 1884.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9663.)

Ein Jugendkleid. Aus Süd-Celebes lagen mir nur alte Individuen vor (I. Beitrag, S. 227). Ich habe schon bei Besprechung der Vögel von Gross-Sanghir (Ornis IV, p. 543) erwähnt, dass dasselbe im Allgemeinen mit einem jungen Männchen aus Gross-Sanghir übereinstimmt, welches letztere nur mehr bräunliche Längsflecken an der Brust besitzt. Bei dem vorliegenden Exemplare sind die Brustfedern im Allgemeinen weisslich und schmutzig-bräunlich gemischt; schwarze Schaftstriche sind an dem hellen Gefieder von Brust, Hals und Kehle nicht zu erkennen. — Von einem ähnlichen, im Braunschweiger Museum befindlichen, wohl noch jüngeren Individuum der verwandten Form (*intermedius* Gurney) von Borneo, das Fr. Grabowsky am 9. Mai 1882 bei Danau Bangkau bei Kendangan gesammelt hat, unterscheidet sich der vorliegende Balg durch sehr viel helleren Farbenton an Kopf, Hals, Nacken und Brust. Ich gebe noch zur Vergleichung die wichtigsten Maasse: Ala 41,2; Cauda 21,6; Tarsus 5,0 cm.

22. *Pernis celebensis* Wall.

Pernis cristatus var. celebensis Wallace, Ibis 1868, p. 17.

Pernis celebensis Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. I, p. 349 (1874).

* „♂ (juv.?). Iris gelb. Long. 60 cm. Diff. 8 cm. Schnabel schwarz. Wachshaut grau. Füsse gelb. 12. November 1884.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9664.)

Der Balg entspricht fast durchweg der Beschreibung Sharpe's von einem alten Vogel des Leidener Museums (Cat. Birds Brit. Mus., Vol. I, p. 349) und der Abbildung Schlegel's (Valkv. Ned. Ind., pl. 26, fig. 4) von „*P. ptilonorhynchus*“, welche der Wallace'schen Beschreibung mit zu Grunde gelegt ist. Nach dem Citate Walden's

(Transact. Zool. Soc., Vol. VIII, Part III, p. 36) hat es den Anschein, als ob schon Schlegel die Varietät „*celebensis*“ unterschieden hätte. Dies ist jedoch nicht der Fall; es muss also Wallace als Autor stehen, wie dies Sharpe (l. c.) richtig angiebt.

Die wichtigsten Maasse des vorliegenden Individuums sind:

Ala 39,2; Cauda 27,9; Culmen (mit Wachshaut, gerade gem.) 3,4; Tarsus 4,5 cm.

23. *Butastur indicus* (Gml.).

Falco indicus Gmelin, Syst Nat I, p. 264 (1788, ex Lath.).

Butastur indicus Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. I, p. 297 (1874).

Sieben Exemplare, alle bezeichnet: „Iris goldgelb. Schnabel schwarz. Wachshaut und Füße gelb“ (bei dem später gesandten Balge *g*: „Wachshaut, Augenring, Füße hellgelb“).

<i>a</i>)	♂	L. 41 cm; D. 1 cm.	30. October 1884
<i>b</i>)	♂	„ 41 „ „ 1 „	21. Novbr. 1884
<i>c</i>)	♂	„ 41 „ „ 1 „	27. Januar 1885
<i>d</i>)	♀	„ 41 „ „ 1 „	31. October 1884
<i>e</i>)	♀	„ 41 „ „ 1 „	2 Decbr. 1884
* <i>f</i>)	♂ (juv)	„ 41 „ „ 1 „	20. Novbr 1884 (Mus.-Inv.-Nr. 9665)
<i>g</i>)	♀	„ 41 „ „ 1 „	7. März 1886.

In der mehr röthlich braunen Grundfarbe der Flügel und Unterseite ähnelt *d* dem früher besprochenen Riedel'schen Balge *A*, während mit mehr graubrauner Grundfarbe *e* dem Riedel'schen Balge *B* ähnelt. *a*, *b* und *c* stehen in der Mitte, doch nähert sich *b* mehr *B*, die beiden anderen dagegen *A*. Bei allen erwähnten fünf Bälgen ist die weisse Querbänderung auf der Unterseite deutlich ausgesprochen. Die weissen Ränder an den Brust- und Flügeldeckfedern sind in verschiedenem Grade abgenutzt und daher verkleinert oder gar ganz verschwunden; vollständig ist das Letztere jedoch nur bei *c* eingetreten, bei welchem die Brust und die Flügeldecken einfarbig braun erscheinen. *f* endlich trägt das von Sharpe (Cat. Birds Brit. Mus., Vol. I, p. 298) beschriebene Jugendkleid mit braunen Schaftflecken an der Brust und rothbrauner Längszeichnung in der Mitte des Leibes, sowie mit bunten Flügeldeckfedern. *e* besitzt drei dunkle Schwanzbinden, alle anderen dagegen vier. Bei *d* und *f* treten am Kopfe und Nacken die rothbraunen Längsstreifen an den Seiten der Federn, ähnlich wie bei Riedel's Bälgen *A* und *B*, deutlicher hervor. Bei *e* ist das Weiss an der Stirn ausgedehnter, und dies in Zusammenhang mit weissen Rändern der Kopffedern giebt dem Kopfe einen mehr greisen Anflug. Bei *a* und *b* ist der Kopf oberseits mehr einfarbig braungrau mit wenig greisem Anfluge; bei *c* nimmt der Kopf den einfarbigsten Charakter an und erscheint dunkel braungrau.

Das später gesandte Weibchen hat einen mehr einfarbig braungrauen Farbenton an der Brust, am Kopfe und am Nacken, in dieser

Beziehung *a*, *b* und einigermaassen auch *e* ähnlich. Die Maasse des dem Museum einverleibten jungen Männchens *f* sind die folgenden:

Ala 32; Cauda 18,8; Culmen (mit Wachshaut gerade gemessen) 2,6;
Tarsus 6 cm.

Fam.: STRIGIDAE.

24. *Ninox punctulata* (Qu. u. Gaim.).

Noctua punctulata Quoy u. Gaimard, Voy. de l'Astrol. Zool. I, p. 165, pl. 1, fig. 1 (1830).

Ninox punctulata Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. II, p. 182 (1875).

Vier Exemplare, sämmtlich bezeichnet als „σ“; die beiden ersten und das letzte sind offenbar alte Individuen, von denen *a* und *b* gleichmässig bezeichnet sind: „Iris braun. Schnabel graugrün. Füsse hellgrauweiss“; *d*: „Iris kaffeebraun. Schnabel hellgraugrün. Füsse bräunlichweiss“; *e*: „Iris? Schnabel horngrau. Füsse hellgrau.“

Letzteres Stück (*e*) trägt zum Theil noch ein Dunenkleid, obgleich die Flügel- und Schwanzfedern schon ziemlich gut ausgebildet sind. In Folge dessen ist die Oberseite fast einfarbig dunkelbraun, und nur am Nacken und Hinterrücken sind einige kleine helle Fleckchen entwickelt. Auch die Unterseite ist in Folge des dunkelbraunen Dunenkleides, das die späteren hellen Federn des Leibes noch verdeckt, mit Ausnahme einer kleinen Stelle in der Mitte des Hinterleibes und der hellen Färbung von Kinn und Bartstreifen, dunkelbraun; die Tarsen sind braun und weiss-scheckig befiedert; die Augenbrauen dunkelbraun und weiss gemischt; der Schnabel ist noch im Balge dunkelhorngrau, mit Ausnahme der helleren Spitze. Die Ohrfedern einfarbig dunkelbraun mit etwas heller-braunen Schäften ohne helle Punktzeichnung; die Schwanz- und Schwungfedern sind schon wie bei den älteren Individuen ausgebildet und zeigen sich gebändert und gefleckt.

Von den drei älteren Stücken *a*, *d* und *b* vertritt letzteres offenbar ein jüngeres Stadium: die hellen, punktförmigen Flecken auf Kopf und Nacken sowie an der Brust sind etwas grösser, als bei den anderen beiden, die Ohrfedern dunkelbraun mit helleren Schäften und gelblichen, punktförmigen Flecken an den Spitzen, während *a* und *d* hellere, mehr rostbraune Ohrfedern besitzt. Die hellen Bauchfedern sind bei *b* auffallender rothbraun gefleckt, als bei den anderen. Sonst ähneln sich die drei alten Männchen in jeder Beziehung und entsprechen im Allgemeinen den Beschreibungen, die Schlegel (Mus. Pays-Bas, Striges, p. 29) und Sharpe (Cat. Birds Brit. Mus., Vol. II, p. 167) gegeben haben. In Uebereinstimmung mit Hartert (Novitates Zoologicae III, 1894, p. 161) muss ich hervorheben, dass die weissen Flecken

auf dem Rücken und an den oberen Flügeldecken und Mittelschwingen mehr wie Querbänder erscheinen.

Die Maasse in Verbindung mit den übrigen Angaben des Sammlers sind folgende:

Nr.	Ge- schlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	Tarsus cm	D a t u m	Museum- Inv.-Nr.
* a	♂	24	2	16,0	7,7	2,4	3,3	19. Juni 1884	9666
b	♂	24	2	15,3	7,7	2,95	3,5	15. August 1884	
* c	♂	21,5	2,5	15,8	7,6	2,65	3,4	5. Septbr. 1884	9667
d	♂	23,5	2	16,1	7,8	2,45	3,4	14. Mai 1886	

25. *Ninox ochracea* (Schleg.).

Noctua ochracea Schlegel, Ned. Tijds. Dierk. I, p. 183 (1866).

Ninox ochracea Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. II, p. 167 (1875).

Drei Exemplare, sämtlich bezeichnet: „♀. Iris hellbraun. Long. 25 cm. Diff. 2 cm. Schnabel horngrau. Füsse braun.“

Alle drei Exemplare stimmen sehr gut zu den Beschreibungen, sowie zu der Abbildung Sharpe's (Cat. Birds Brit. Mus., Vol. II, p. 167, Pl. XI, fig. 2). Der Rücken ist bei *b* am hellsten gefärbt, und der Farbenton des Kopfes ist sogar noch ein etwas hellerer, während bei *c* der Kopf mit dem Rücken gleichfarbig, bei *a* sogar, deutlich am Nacken abgesetzt, dunkler aussieht: dunkelschwärzlichbraun, während der Rücken rostbraun ist. Die Bänderung des Schwanzes ist bei allen eine ähnliche, doch hat *a* etwas weniger und am Rande weniger hell weisslich gefärbte quere Bänder.

Die Maasse der drei Bälge nebst den übrigen Daten des Sammlers sind folgende:

Nr.	Ge- schlecht	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	Tarsus cm	D a t u m	Museum- Inv.-Nr.
* a	♀	17,3	9,7	2,5	2,6	19. Septbr. 1884	9668
b	♀	17,3	9,6	2,35	2,6	1. October 1884	
c	♀	17,6	10,0	2,2	2,6	19. März 1885	

26. *Scops menadensis* Qu. u. Gaim.

Quoy et Gaimard, Voy. de l'Astr. Zool., I, p. 170, pl. 2, fig. 2 (1830).

Scops magicus subsp. menadensis Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. II, p. 76 (1875).

Zehn Exemplare, sieben Männchen (*a* bis *f* und *k*), drei Weibchen (*g* bis *i*), alle übereinstimmend bezeichnet: „Schnabel hornbraun, Füsse graubraun“; die Iris bei allen alten Männchen „goldgelb“, bei dem jungen Männchen und den drei Weibchen „hellgelb“.

k trägt noch ein Dunenkleid; ebenso ist auch *b* noch mit einigen Dunen bedeckt. Beide haben die längsten Flügel, wie dies oft bei Nestjungen, bei denen die Schwungfedern schon zur vollen Entwicklung gekommen sind, beobachtet wird. Durch einen mehr einfarbig dunkelbraunen Rücken zeichnet sich *d* aus. Am meisten Rostfarbe im Gefieder ist bei *g* und *h* entwickelt; einen sehr hellen Kopf hat *i*. Der Leib ist am hellsten bei *i*, *c*, *f*, *e* und *g*. Auffallend breite Schaftstriche besitzen unterseits *a*, *b* und *i*, auffallend schmale dagegen *c* und *d*. Es ergeben sich in der Färbung noch eine Menge individueller Verschiedenheiten, die sich auf Alter und Geschlecht scheinbar nicht zurückführen lassen. Von einem Balge von *Scops magicus* aus Amboina sind alle übereinstimmend durch die geringe Grösse und geringere Entwicklung der Rostfarbe im Gefieder unterschieden. Ich bin überzeugt, dass man *menadensis* spezifisch von *magicus* abtrennen darf.

Die folgende Maasstabelle giebt zugleich die Daten des Sammlers an:

Nr.	Ge- schlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	Tarsus cm	D a t u m	Museum- Inv.-Nr.
<i>a</i>	♂	17	1	14,4	7,2	2,0	2,7	13. August 1884	
<i>b</i>	♂ (juv.)	17	1	15,3	7,4	2,1	2,6	15. " "	
<i>c</i>	♂	17	1	14,8	7,9	2,0	2,6	14. Septbr. "	
* <i>d</i>	♂	17	1	14,8	8,2	1,85	2,5	28. October "	9669
<i>e</i>	♂	17	1	14,9	8,2	2,3	2,4	20. Novbr. "	
<i>f</i>	♂	17	1	14,5	7,8	1,9	2,5	21. " "	
* <i>g</i>	♀	18	1	14,9	7,6	1,9	2,4	16. August "	9670
<i>h</i>	♀	18	1	15,2	7,5	2,2	2,6	12. October "	
<i>i</i>	♀	21	1	15,0	7,7	2,0	2,7	21. Novbr "	
* <i>k</i>	♂ juv	?	?	15,4	7,4	2,15	2,6	2. Juli "	9671

27. *Strix rosenbergi* Schleg.

Schlegel, Observations zoologiques I, Nederl Tijds. v. Dierk III, p. 181 (1866).
Strix flammea [subsp.] *rosenbergi* Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. II, p. 298 (1875).

Sechs Exemplare, alle bezeichnet: „Iris braun. Long. 40 cm. Diff. — cm. Schnabel hellhorngrau. Füsse graubraun.“ Davon zwei Männchen (*a* und **b*) und vier Weibchen (*c* bis *f*).

An allen Stücken finde ich bestätigt, was Brüggemann (Abh. Naturw. Vereins Bremen, Bd. V, S. 48) gesagt hat und was ich in meinem ersten Beitrage (S. 235) darlegen konnte.

Schlegel hat bekanntlich in Nord-Celebes noch eine zweite Schleiereulenart unterschieden: *Strix inexpectata* (Notes from the Leyden Museum, Vol. I, p. 50), die unter den vorliegenden Bälgen nicht vertreten ist. Was die Bänderung des Schwanzes und der Schwungfedern anbetrifft, so zeigen *a*, *b*, *e* und *f* fünf deutliche dunkle Schwanzbinden, während bei *c* und *d* die basale fünfte Binde etwas

undeutlich wird. An der ersten Schwinge finden sich fünf dunkle Binden bei *a*, *c*, *d*, *e* und *f*, sechs dagegen bei *b*. Bei dem von mir früher besprochenen Exemplare von Süd-Celebes ist die Zahl der Schwanzbinden deutlich nur vier, und die fünf Querbänder an der ersten Schwungfeder sind sehr verwaschen und undeutlich. Da dasselbe auch durch einen viel helleren Farbenton des Rückens und der rostgelben Unterseite und durch etwas geringere Grösse sich von den vorliegenden nördlichen Bälgen unterscheidet, ist es möglicherweise als eine abweichende Localrasse des Südens zu unterscheiden. — Bei Betrachtung der sechs nördlichen, dem Geschlechte nach sorgfältig verzeichneten Bälge ergeben sich gewisse Färbungsunterschiede, die möglicherweise auf das Geschlecht zurückzuführen sind: Die beiden Männchen haben eine fast rein weisse und nur an den Spitzen der Federn und hauptsächlich auf der Aussenseite rostgelb gefärbte Befiederung der Tarsen, eine matter rostgelbe Unterseite (das Rostgelb zeigt hier einen helleren Ton als an den Flügeldeckfedern), eine fast weisse Farbe an Kehle und Kinn und wenig röthliche Färbung der Federn des Augenkreises. Die vier Weibchen dagegen zeigen eine ringsum und stark rostgelbliche Färbung der Tarsen-Befiederung, eine dunkler rostgelbe Unterseite (in demselben Farbentone, wie die oberen Flügeldeckfedern), eine rostgelbliche Färbung von Kinn und Kehle und viel mehr röthliche Färbung an den Federn des Augenkreises. Ein Weibchen aus Gross-Sanghir zeigt sich hierin ganz gleich den Weibchen von Rurukan (vergl. Ornis IV, S. 567, 1888). Auch das Weibchen aus Süd-Celebes zeigt trotz der im Allgemeinen viel helleren Färbung ein ähnliches Verhalten. — Die wichtigsten Maasse zeigt folgende Tabelle, der die Notizen des Sammlers beigelegt sind:

Nr.	Geschlecht	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	Tarsus. cm	Datum	Museum- Inv.-Nr.
<i>a</i>	♂	> 33,5 (def.)	15,2	5,2	7,3	6. Juli 1884	
* <i>b</i>	♂	33,6	15,4	4,9	7,3	23. August 1884	9672
<i>c</i>	♀	33,5	15,2	5,2	7,3	6. Juh 1884	
<i>d</i>	♀	33,5	15,2	4,9	7,3	6. „ „	Hierzu Eier
<i>e</i>	♀	33,8	14,4	5,0	7,8	18. „ „	
<i>f</i>	♀	33,4	14,7	5,3	7,8	1. Novbr. 1884	

III. PICARIAE.

Fam.: PICIDAE.

28. Lichtensteinipicus fulvus (Qu. et Gaim.).

Picus fulvus Quoy et Gaimard, Voy. l'Astrol., Zool, p. 228, Atlas, pl. XVII, fig. 2, ♂ (1833).

Microstictus fulvus Hargitt, Cat. Birds Brit. Mus. XVIII, p. 490 (1890).

Zwei Exemplare (*a* ♂, 28. April 1886 und *b* ♀, 27. Juli 1884). Bei beiden wiederholt sich auf den Etiketten: „Iris gelb (♂ „hellgelb“). Long. 35 cm. Diff. 10 cm. Schnabel schwarz. Füße bleigrau.“

Die Unterseite bei dem ♀ (*b*) ist zwar fast so lehmgelb, wie bei den mir vorliegenden weiblichen Exemplaren von *L. wallacei*, allein an dem hellbraunen, an der Spitze sogar fast rostfarbenen Schwanz und den übrigen von mir in meinen ersten Beiträgen erörterten Charakteren (I, S. 236; II, S. 87) würde die Unterscheidung des Balges vom Weibchen der südlichen Art schon gut zu machen sein. Eine stärkere Entwicklung der weissen Flecken über den ganzen Kopf, auch auf die Federn des Vorderrückens hinabreichend, spricht für etwas jugendlicheres Alter.

Das ♂ (*a*) bestätigt die früher angegebenen Farbenunterschiede. Nur ist die Färbung der Unterseite in den hinteren Theilen gleichfalls intensiv ocker- und lehmgelb. Hiernach scheint es in der That, dass der früher angedeutete Unterschied in der Färbung des Leibes zwischen *L. fulvus* und *wallacei* kein constanter ist, während die Färbung des Schwanzes und insbesondere die verschiedene Ausdehnung der rothen Farbe am Kopfe gute Unterschiede darbieten.

Die Gattungsbezeichnung dieser und der verwandten Formen hat im Laufe der letzten Jahrzehnte viele Schwankungen durchgemacht. Gray führte sie als *Hemilophus* und *Campethera*, Malherbe als *Dryopicus*, Walden als *Mulleripicus*, ich selbst nach Cabanis und Heine als *Alophonerpes*, Hargitt als *Microstictus* an, und kürzlich erwähnt mit Recht Hartert, dass dem Gattungsnamen Bonaparte's *Lichtensteinipicus* von 1854 das Vorrecht gebührt.

29. *Jyngipicus temmincki* (Malh.).

Picus temmincki Malherbe, Rev. et Mag. de Zool. 1849, p. 529.

Jyngipicus temmincki Hargitt, Cat. Birds Brit. Mus. XVIII, p. 335 (1890).

Yungipicus temmincki Platen, Gef. Welt 1887, S. 206.

Acht Exemplare (*a* ♂, 4. September; **b* ♂, 8. October; *c* ♂, 9. October; *d* ♀, 2. October; *e* ♀, 8. October; **f* ♀, 9. October; *g* ♀, 9. October; *h* ♀, 3. December 1884), alle gleichmässig bezeichnet: „Iris rothbraun. Long. 12 cm. Diff. 1 cm. Schnabel horngrau. Füße schmutziggrau.“

Den ausführlichen Beschreibungen, welche Salvadori (Ann. Mus. Civ. Genova VII, 1875, p. 647) und Hargitt (Ibis 1882, p. 50) gegeben haben, welche letzterer die Richtigkeit von Walden's Angabe über die Ausdehnung des Roth an den Seiten des Nackens vertheidigt, ist wenig hinzuzufügen. Ich finde bei den vorliegenden Männchen mehr oder weniger eine dreieckige Erweiterung der rothen Färbung an den Nackenseiten und eine sehr schmale Verbindung beider Flecken in

der Mitte. Abgesehen von der rothen Nackenfärbung scheinen die Männchen auch durch etwas bedeutendere Grösse, besonders des Schnabels, von den Weibchen ausgezeichnet. — Meyer u. Wiglesworth erwähnen kürzlich die viel bedeutendere Grösse eines Exemplares aus Süd-Celebes: Ala 8,5 cm gegen 7,9 cm als Maximum der Flügellänge der nördlichen Vögel (Abh. u. Ber. Mus. Dresden 1896/97, Nr. 1, S. 8, 1896). Alle von mir untersuchten Exemplare von Rurukan bleiben in der Flügellänge hinter 7,9 cm zurück. Es dürfte daher wahrscheinlich die südliche Form als eine grössere Rasse abgetrennt werden müssen. Die folgende Tabelle giebt die genauen Maasse der wichtigsten Theile:

Nr.	Geschlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Museum- Inv-Nr.
<i>a</i>	♂	7,5	3,9	1,65	9673
* <i>b</i>	♂	7,7	3,9	1,8	
<i>c</i>	♂	7,5	3,2 (stark abgestossen)	1,7	
<i>d</i>	♀	7,8	4,1	1,65	9674
<i>e</i>	♀	7,6	3,9	1,7	
* <i>f</i>	♀	7,6	3,9	1,55	
<i>g</i>	♀	7,65	3,8	1,65	
<i>h</i>	♀	7,6	3,9	1,5	

Fam.: MEROPIDAE.

30. *Merops ornatus* Lath.

Latham, Ind. Ornith. Suppl. II, p. XXXV (1801); Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 74 (1892).

Fünf Exemplare, zwei alte Männchen (**a* ♂, 22. August; *b* ♂, 10. September 1884) und drei junge Vögel verschiedenen Geschlechts (**c* ♂, 23. April; *d* ♂, 11. Mai; *e* ♀, 11. Mai 1886), sämmtlich bezeichnet: „Iris rothbraun. Schnabel schwarz. Füsse schwarzgrau“ (bei den drei jungen Individuen „grau“).

Die beiden ausgefärbten alten Männchen (*a* und *b*), von denen *a* wegen des längeren Schwanzes und der stärkeren Ausbildung der rothbraunen Nackenbinde wohl noch etwas älter als *b* sein dürfte, sind von einem Exemplare des Braunschweiger Museums durch die grünere Farbe des Vorderkopfes und vollständige Ausbildung des schwarzen Kehlfleckens verschieden.

Alle drei zuletzt aufgeführten Stücke haben einen sehr stark bläulichen Farbenton auf dem Rücken und der Unterseite, und dürften demjenigen Jugendzustande entsprechen, den Gray fälschlich mit dem Artnamen *coerulescens* versehen hat. Bei allen Dreien fehlen noch alle Spuren des schwarzen Kehlfleckens. Bei *d* ist Kinn und Kehle

hellgelb, und dahinter zeigt sich schon ein brauner Streifen, und dieselbe Farbe zeigt sich schon am Hinterkopfe angedeutet. Dabei sind die beiden mittleren Schwanzfedern noch nicht gemausert und zeigen die gewöhnliche Form der übrigen Schwanzfedern, in der Färbung sich durch den bläulichen Anflug auszeichnend. Bei dem sehr ähnlichen Individuum *c* geht das matte Gelb der Kehle nach hinten direct in bläuliche Färbung über; dieser Balg erscheint daher in der Zeichnung noch jünger, während die mittleren Schwanzfedern schon in der Mauser sich befinden und eine neue Feder mit der eigenthümlichen Verengerung der Fahne im Nachwachsen begriffen ist. Der jugendliche Balg *e* endlich entspricht in der Form der Schwanzfedern *d*; in der Färbung der Kehle steht er noch jugendlicher als *c* da, und am Hinterkopfe sind ebenfalls noch keine Spuren von bräunlicher Färbung.

Zur näheren Erläuterung gebe ich in einer Tabelle die von mir genommenen Maasse mit Hinzufügung der Maasse des Sammlers:

Nr.	Geschlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Rectrices lateral. cm	Rectrices med. cm		Culmen cm	Museum- Inv.-Nr.
						sm.	dext.		
* <i>a</i>	♂ (ad)	26	7	11,1	8,55	11,0	11,4	3,5	9675
<i>b</i>	♂ (ad)	25	6	11,0	8,5	10,1	10,1	3,4	
* <i>c</i>	♂ (juv.)	23	4	11,0	8,3	3,5	3,5	3,15	13978
<i>d</i>	♂ (juv.)	22	3,5	11,0	8,2	7,8	7,8	2,9	
<i>e</i>	♀ (juv.)	22	4	10,7	8,1	7,5	7,5	2,9	

31. *Meropogon forsteni* Bp.

Bonaparte, Consp. Av. I, p. 164 (1850) (ex Temm. M. S. S.); Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 87 (1892); Platen, Gef. Welt 1887, S. 230.

14 Exemplare befanden sich bei der 1. Sendung (9 ♂ *a*, *b*, **c* bis **h*, *i*; 5 ♀ *k* bis **o*), übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel schwarz. Füße schwarzgrau“ (nur beim ♂ *a* „grauschwarz“ und ♀ *k* „grau“).

<i>a</i>)	♂	L. 34 cm; D. 13 cm	14. August 1884
<i>b</i>)	♂	„ 29 „ „ 9 „	16. September 1884
* <i>c</i>)	♂ (juv.)	„ 30 „ „ 10 „	26. October 1884 (Mus.-Inv. Nr. 9676)
<i>d</i>)	♂	„ 32 „ „ 12 „	28. October 1884
<i>e</i>)	♂	„ 33 „ „ 13 „	4. November 1884
<i>f</i>)	♂	„ 33 „ „ 13 „	19. November 1884
<i>g</i>)	♂	„ 32 „ „ 12 „	13. Januar 1885
* <i>h</i>)	♂	„ 34 „ „ 13 „	18. Januar 1885
<i>i</i>)	♂	„ 34 „ „ 13 „	10. Februar 1885
<i>k</i>)	♀ (juv.)	„ 28 „ „ 8 „	14. August 1884 (Mus.-Inv. Nr. 9677)
<i>l</i>)	♀	„ 32 „ „ 11,5 „	14. October 1884
<i>m</i>)	♀	„ 34 „ „ 13 „	22. Januar 1885
<i>n</i>)	♀	„ 34 „ „ 13 „	10. Februar 1885
* <i>o</i>)	♀	„ 34 „ „ 13 „	21. März 1885 (Mus.-Inv. Nr. 9678)

Eine so grosse Reihe von sorgfältig bezeichneten Individuen dieser seltenen Art dürfte wohl noch nicht neben einander gelegen haben und der Vergleichung zugänglich gewesen sein. Schliesst man zunächst die beiden noch nicht ausgefärbten Individuen *c* und *k* aus, so ergibt sich sofort, dass diejenigen Geschlechtsunterschiede, welche bisher angegeben waren, nicht stichhaltig sind: in der Ausdehnung und dem Leuchten der kobaltblauen Färbung an Kinn, Kehle und Brust liegt kein Unterschied des Geschlechts.

Es zeigen sich hierin allerdings Verschiedenheiten; diese aber sind individuell und wiederholen sich in beiden Geschlechtern und scheinen hauptsächlich von dem verschiedenen Abnutzungszustande der an der Wurzel schwarzen und nur an der Spitze blauen Federn abzuhängen. Statt dessen fällt auf, dass die Länge der verlängerten Schwanzfedern bei den Weibchen nicht so bedeutend wird, als wenigstens bei einigen Männchen (*a*, *h*, *i*, *g*, *e*), während allerdings *f* ungefähr die gleiche Länge und das offenbar in der Mauser begriffene Männchen *b* eine geringere Länge besitzt. Ein kleiner Färbungsunterschied liegt übrigens offenbar darin, dass die Weibchen das Braun des Leibes überall mehr oder weniger mit Grün übergossen zeigen, so dass sich hinter dem Blau nur eine kleine oder gar keine Zone rein brauner Farbe befindet, während bei den alten Männchen eine solche mehr oder weniger deutlich ausgebildet erscheint. In der Intensität der blauen Färbung auf dem Kopfe liegt auch kein Geschlechtsunterschied. Es zeigen sich hier verschiedene Grade zwischen ganz rein blauem Kopfe (*h* und *i*) und fast ganz schwarzem und nur wenig blau verwaschenem Kopfe (*a*) innerhalb eines und desselben Geschlechtes, und die Weibchen fügen sich dieser Reihe ohne Schwierigkeit ein. — Dies deutet darauf hin, dass hier von einem Geschlechtsunterschiede nicht die Rede sein kann; auch andere Unterschiede der Geschlechter nach der Färbung habe ich nicht auffinden können. — In beiden Geschlechtern ist das frische, noch nicht abgenutzte Gefieder intensiver in den Farben, und besonders Rücken, Flügel und Schwanz besitzen oberseits ein reineres Dunkelgrün (*m*, *i*), das sich in das Rothbraun des Nackenbandes allmählich abstuft. Wenn das Gefieder etwas länger benutzt ist, so nehmen offenbar, wie bei *n*, *o*, *d*, *e*, *f*, *h*, die verlängerten Schwanzfedern an der Spitze oder die Schwungfedern oder beide zugleich eine bläuliche Farbe an; auch der Rücken scheint sich bläulich grün zu färben, da bei *e*, *a*, *b*, *d* und *l* z. B. die dem neuen grünen Gefieder eingestreuten alten Federn einen bläulichen Schein zeigen. Die beiden Bälge *a* und *l* besitzen dabei offenbar noch die ganz alten, an den Rändern und besonders auf der Aussenfahne fast ganz blau gefärbten verlängerten Schwanzfedern, während bei *b* die im Nachwachsen begriffenen noch nicht sehr verlängerten Mittelfedern des Schwanzes rein grün er-

scheinen. Diese Farbenveränderung, Ausbleichung und Abnutzung des Gefieders in den verschiedenen Stadien geben fast jedem der vorliegenden Bälge ein individuelles Gepräge. Brüggemann (Abh. Naturw. Vereins Bremen, Bd. V, S. 49) hat offenbar ein sehr altes und abgenutztes Kleid als Jugendkleid beschrieben; Schlegel und vor ihm Temminck und Bonaparte benutzten bei ihren Beschreibungen offenbar ein wenig abgenutztes männliches altes Kleid.

Die beiden Jugendkleider *c* und *k* haben ein rein grünes Gefieder des Rückens, grüne Ränder an den blauen Kopf-, rothbraunen Nacken- und blauen Latzfedern der Kehle und Brust, die sich überhaupt noch nicht so lang wie bei den Alten entwickelt haben; ferner ist bei denselben der ganze Leib hinter den blauen Brustfedern grün gefärbt und nur wenig mit Braun vermischt.

Die Flügelspitze wird von der 3., 4. und 5. Schwinge gebildet, die oft ganz gleich lang sind, bisweilen jedoch auch eine, meist die 4., etwas weiter vortreten lassen. Die 6. Schwinge ist etwa 1 cm kleiner als die längsten, dabei etwas kürzer als die 2., während die 1. sehr viel kürzer ist, meist kürzer als die kleinsten Mittelschwinge.

Bei der 2. Sendung befanden sich noch sechs Exemplare, die ich hier gesondert zur Betrachtung ziehe, weil ich mit ihnen nicht mehr sämtliche Exemplare der 1. Sendung habe vergleichen können; die Farbe der Iris und des Schnabels ist bei diesen sechs Exemplaren wie bei den anderen Stücken bezeichnet, die Füße dagegen überall „grau“.

<i>p</i>)	♂	L. 31 cm; D. 11 cm.	(Datum fehlt)
<i>q</i>)	♂	„ 28 „ „ 10 „	24. August 1886
<i>r</i>)	♂	„ 32 „ „ 12 „	9. September 1886
<i>s</i>)	♂	„ 30 „ „ 11 „	10. „ 1886
<i>t</i>)	♀	„ 26 „ „ 6 „	5. „ 1886
<i>u</i>)	♀	„ 26 „ „ 6 „	6. „ 1886

Diese sechs später mir zugekommenen Exemplare bestätigen durchaus das oben Gesagte. *t* und *q* haben einen ganz oder fast ganz rein grünen Rücken und zeigen dabei noch die geringste Entwicklung der mittleren Schwanzfedern, die sich bei *t* noch in den Spulen befinden und bei *q* noch nicht die Mitte des Schwanzes erreicht haben. Bei *u*, wo die mittleren Schwanzfedern ebenfalls noch im Nachwachsen begriffen sind, aber die Mitte der übrigen Schwanzfedern schon übertroffen haben, ist das Grün des Rückens schon mit Blau gemischt. Die übrigen drei Bälge zeigen die mittleren Schwanzfedern schon in verschiedenem Grade verlängert. — In der Tabelle auf S. 312 gebe ich die genauen Maße der 20 untersuchten Exemplare.

Sehr interessante Angaben über ein Nestjunges und den Nestbau bringen Meyer und Wigglesworth (Abh. u. Ber. Mus. Dresden 1896/97 Nr. 1, S. 4, 1896).

Nr.	Ala cm	Rectrices lateral. cm	Rectrices med.		Culmen cm	Rostrum ab orific. nar. cm
			sinist cm	dext. cm		
<i>a</i>	11,2	11,1	—	17,0	4,5	3,8
<i>b</i>	11,3	10,3	10,9	11,8	4,8	4,05
* <i>c</i>	11,2	10,1	6,2	12,3	4,4	3,45
<i>d</i>	10,9	10,8	14,2	14,3	4,0	3,2
<i>e</i>	11,1	10,7	15,3	15,5	4,6	3,75
<i>f</i>	11,2	10,8	15,0	15,0	4,2	3,4
<i>g</i>	11,4	11,2	16,4	16,3	4,9	4,0
* <i>h</i>	12,0	11,4	16,1	17,1	4,6	3,7
<i>i</i>	11,3	10,8	15,3	15,4	4,7	3,85
<i>k</i>	10,9	11,0	9,3	9,4	4,0	3,1
<i>l</i>	11,6	11,5	15,5	15,5	4,8	3,95
<i>m</i>	10,8	10,8	15,3	15,4	4,6	3,75
<i>n</i>	12,1	11,3	15,4	—	4,3	3,55
* <i>o</i>	11,1	10,5	15,6	15,7	4,55	3,75
<i>p</i>	11,5	11,1	8,0	13,8	4,9	4,0
<i>q</i>	11,5	11,6	5,3	4,9	5,2	4,3
<i>r</i>	11,1	10,9	15,7	15,5	4,5	3,8
<i>s</i>	11,2	10,8	14,0	13,8	4,3	3,7
<i>t</i>	11,6	11,1	1,4	0,4	c. 4,4	def.
<i>u</i>	11,3	10,6	6,2	4,2	4,9	4,0

Fam.: CORACIIDAE.

32. *Coracias temmincki* (Vieill.).

Galgulus temmincki Vieillot, N. Dict. XXIX, p. 435 (1819).

Coracias temmincki Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 26 (1892), Platen, Gef. Welt 1887, S. 205.

Fünf Exemplare, 3 ♂ (*a* bis *e*), 2 ♀ (*d* und *e*), gehörten der 1. Sendung an, alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel schwarz. Füße gelbbraun.“ In der späteren Sendung befand sich noch ein ausgefärbtes Männchen (*f*), ebenso bezeichnet, nur: „Iris dunkelbraun.“

Das Männchen *c* ist augenscheinlich jünger, als die übrigen Bälge; es entspricht fast vollständig der Beschreibung, welche ich in meinem I. Beitrage (S. 243) von einem jungen Individuum gegeben habe, scheint nur etwas älter und in der Zeichnung weiter entwickelt zu sein. Der eigenthümliche hellblaue und hier mehr grünliche Randflecken an den äusseren Schwanzfedern findet sich auch bei diesem Individuum, Spuren davon auch noch an der zweit- und drittäusseren Schwanzfeder. Die rauchbraune Flügelbinde und die gräuliche Färbung des Kopfes ist hier weniger entwickelt, die Unterseite des Leibes und die schwärzliche Brust haben wenig bläulichen Schein. — Die drei alten Männchen, *a*, *b* und *f*, haben nur eine geringe Entwicklung der

hellblauen Schaftstreifen an Kinn und Kehle, so dass diese Zeichnung offenbar nur ein Jugendcharakter ist. Das Weibchen *e* hat ein brillanteres oder doch ebenso lebhaftes Blau, als die übrigen Bälge, weshalb hierin schwerlich ein Geschlechtscharakter zu suchen sein dürfte. Die wichtigsten Maasse und biologischen Angaben des Sammlers zeigt die folgende Tabelle:

Nr.	Geschlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	D a t u m
<i>a</i>	♂	33	6	17,7	13,6	4,8	2. August 1884
<i>b</i>	♂	33	6	18,4	14,0	4,9	3. August 1884
<i>c</i>	♂	33	6	18,2	13,5	4,7	4. August 1884
<i>d</i>	♀	34	6,5	18,0	13,6	4,7	3. August 1884
<i>e</i>	♀	34	6,5	18,9	13,6	4,9	5. September 1884
<i>f</i>	♂	35	6,5	18,9	14,5	4,9	30. April 1886

33. *Eurystomus orientalis* (Linn.).

Coracias orientalis Linne, Syst. Nat. I, p. 159 (1766).

Eurystomus orientalis Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 33 (1892).

Sieben Exemplare, übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel lackroth. Spitze schwarz. Füsse rothbraun.“

<i>a</i>)	♂	L. 27 cm; D. 4 cm.	14. September 1884
<i>b</i>)	♂	„ 26 „ „ 3,5 „	30. October 1884
<i>c</i>)	♂	„ 27 „ „ 4 „	11. November 1884
<i>d</i>)	♀	„ 26 „ „ 3 „	6. October 1884
<i>e</i>)	♀	„ 27 „ „ 4 „	7. October 1884
<i>f</i>)	♀	„ 26 „ „ 3,5 „	30. October 1884
<i>g</i>)	♀	„ 27 „ „ 4 „	9 November 1884

Sämmtliche Stücke gehören der typischen Form an und zeigen auch keine Uebergänge zu *Eurystomus calonyx* Sharpe, die ich geneigt bin, für eine gut unterscheidbare Form zu halten. Die beiden Weibchen *d* und *g* entsprechen dem früher von mir (II. Beitrag, S. 89) beschriebenen Kleide des Riedel'schen Balges *A*. Da die fünf anderen Stücke, beiderlei Geschlechts, dem an jener Stelle erörterten Balge *B* entsprechend, anders gefärbt sind, so ist daraus die Bestätigung abzuleiten, dass es sich hier nur um Altersunterschiede handelt. Von dem Geschlechte abhängige Grössen- und Färbungsverschiedenheiten fallen auch hier nicht in die Augen.

Fam.: ALCEDIDAE.

34. *Monachalcyon monachus* (Gray).

Halcyon monachus Gray, Gen. Birds I, p. 79 (1846).

Monachalcyon monachus Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 294 (1892).

Acht Bälge, 3 ♂ (*a* bis *c*) und 5 ♀ (*d* bis *h*), übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel lackroth. Füsse rothbraun“ (nur bei *a* und *b* „braunroth“).

Die Bälge *c*, *d*, *e* und *f* tragen wie ein Schneider-Duyvenbodesches Exemplar des Braunschweiger Museums (Nr. 6676) aus Nord-Celebes, das Kleid Nr. 1 von Brüggemann (Abh. Nat. Ver. Bremen V, S. 50, 1876), mit ganz blauen Kopfseiten, die Weibchen mit rostfarbener Kehle, das Männchen *c* dagegen mit fast weisser Färbung an Kinn und Kehle. Die Bälge *a*, *b*, *g* und *h* ähneln dagegen einem anderen ebenda befindlichen, aus derselben Quelle stammenden Balge (Nr. 6677) und tragen Brüggemann's Kleid Nr. 2. Von diesen hat das Männchen *a* weisse Färbung an Kinn und Kehle, das Männchen *b* und die Weibchen dagegen gelbliche. — Andere Färbungsunterschiede fallen nicht in die Augen.

Ich lasse noch die Maasse der acht Bälge zusammen mit den Daten des Sammlers folgen:

Nr	Ge- schlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Rost. a. nar. cm	D a t u m
<i>a</i>	♂	31	7	14,0	11,7	4,9	3,7	25. August 1884
<i>b</i>	♂	30	7	14,8	12,0	5,15	3,95	23. October 1884
<i>c</i>	♂	30	7	14,3	11,4	c. 5,0	c 3,9	5. November 1884
<i>d</i>	♀	32	8	14,3	11,6	5,0	4,0	28. September 1884
<i>e</i>	♀	32	8	15,0	11,7	4,8	3,7	23. October 1884
<i>f</i>	♀	32	8	14,1	11,2	5,0	3,8	2. November 1884
<i>g</i>	♀	32	8	14,5	11,8	5,4	4,3	9. November 1884
<i>h</i>	♀	32	8	14,3	12,3	5,1	4,1	12. November 1884

35. *Monachalcyon cyanocephalus* (Brügg.).

Halcyon cyanocephala Brüggemann, Abh. Nat. Ver. Bremen V, S. 51 (1876).

Monachalcyon cyanocephala W. Blasius, Braunschw. Anzeigen vom 3. März 1886, Nr. 52; id. Russ' Isis 1886, S. 103.

Monachalcyon cyanocephalus Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 295 (1892).

Zehn Exemplare, alle bezeichnet: „Iris braun.“ Bei allen alten Individuen (*a*, *b*, **c* bis *g*, *i* und *k*): „Schnabel horngelbbraun. Füsse braun.“ Bei den beiden alten Weibchen (*i* und *k*) ausserdem noch „Zehen gelb.“ Bei dem jungen Männchen **h*: „Schnabel schwarz. Spitze und Füsse gelblich grau.“ Zu dem Weibchen *d* gehören mitgesandte „Eier Nr. 4“.

In Brüggemann's Kleide Nr. 1 (l. *c*) befindet sich nur das Männchen *a*; *h* ist trotz des kurzen und bis auf die Spitze dunklen Schnabels diesem Kleide sehr ähnlich, unterscheidet sich aber von *a* durch eine schmutzigere gelbliche Unterseite bei weisser Kehle und weissem Kinn, durch mehr braune Stirn und Vorderkopf. Bei längerem Schnabel ist *b* diesem letzten Kleide ähnlich gefärbt, hat nur noch

mehr Rostgelb auf der Unterseite und auch an Kinn und Kehle. *c* ist ähnlich, hat aber schon Spuren rostfarbig gefleckter Federn an der Stelle, wo sich der helle Unter- und Oberaugenstreifen entwickeln muss. Daran schliesst sich *g*, bei dem die Augenstreifen, wenn auch noch nicht rein, vorhanden sind. Bei *d*, *e*, *f*, *i* und *k* endlich ist Brügge-
mann's Kleid Nr. 2 fertig, *f* und *i* haben ähnlich wie ein durch Dr. Rey von A. Dubois in Brüssel stammendes Exemplar des Braunschweiger Museums eine etwas gelbliche Färbung an Kinn und Kehle, die drei anderen (*d*, *e* und *k*) dagegen eine ziemlich rein weisse.

Interessant ist das noch ganz kurz- und stumpfschnäbelige und kurzschwänzige junge Männchen (*h*). Die Stirnfärbung entspricht ganz dem Balge *c*, nur ist der Oberaugenstreifen noch weniger angedeutet, der helle Unteraugenstreifen fehlt gänzlich; die Kopfseiten sind einfarbig schwarz mit blauem Anfluge; Kinn und Kehle sind rein weiss. Die Färbung der übrigen Unterseite und des Rückens ist nicht wesentlich von derjenigen bei den übrigen, z. B. *c*, *f* und *i*, verschieden.

Die vielfach angezweifelte spezifische Verschiedenheit dieser und der vorhergehenden Art erscheint mir durch die grossen Reihen Platen'scher Bälge von beiden Arten, die ich jetzt vergleichen konnte, zweifellos bewiesen. *M. monachus* ist in allen Theilen grösser. Ich gebe noch zum Beweise die genaue Maasstabelle mit Einfügung der Daten des Sammlers:

Nr.	Ge- schlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Cul- men cm	Rostr. a. nar. cm	D a t u m	Museum- Inv.-Nr.
<i>a</i>	♂	24	5	11,1	9,0	4,4	3,55	2. August 1884	9679
<i>b</i>	♂	25	6	11,3	9,1	4,3	3,3	18. Septbr. 1884	
* <i>c</i>	♂	25	6	11,5	9,9	4,3	3,45	5. October 1884	
<i>d</i>	♀	25	5	11,7	9,1	4,1	3,3	14. Septbr. 1884	
<i>e</i>	♀	24	5	11,8	9,2	4,3	3,4	5. Novbr. 1884	
<i>f</i>	♀	25	5,5	11,3	9,3	c 4,3	c. 3,45	11 Januar 1885	
<i>g</i>	♀	25	6	11,6	8,7	4,2	3,2	13. April 1885	
* <i>h</i>	♂ juv.	23	4,5	11,2	6,9	3,4	2,5	30. Mai 1884	9680
<i>i</i>	♀	25	6	11,5	9,3	4,3	3,4	5. März 1886	
<i>k</i>	♀	24	5	11,6	9,3	4,3	3,3	9. März 1886	

36. *Sauropatis chloris* (Bodd.).

Alcedo chloris Boddaert, Tabl. Pl. Enl, p. 49 (1783) (ex D'Aubenton).

Halcyon chloris Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 273 (1892).

Zwei alte ausgefärbte Exemplare gehörten der 1. Sendung an (*a* ♂, 2. December; *b* ♀, 12. December 1884), beide bezeichnet: „Iris braun. Long. 22 cm. Diff. 4 cm. Schnabel und Füsse schwarz. Basis des Unterschnabels weiss.“

In der 2. Sendung befand sich noch ein altes Männchen mit gleicher Farbenbezeichnung: *c*, „♂. Long. 22,5 cm. Diff. 4 cm. 23. Februar 1896.“

Das Männchen (*a*) besitzt nur wenige dunkle Querzeichnungen an der Brust, das Weibchen solche an dem weissen Nackenbände. Dabei ist die blaue Färbung der Oberseite von geringerer Intensität.

Das ♂ (*c*) zeigt eine intensiv blaue Färbung an Kopf, Rücken und Flügeldecken, fast ohne grünen Anflug, dabei keine Spur von Querbändern an den hellen Theilen, die rein weiss erscheinen.

37. *Callialcyon coromandus rufus* (Wall.).

Alcedo coromanda Lath., Ind. Ornith. I, p. 252 (1790) (partim)

Halcyon rufa Wallace, Proc. Zool. Soc. 1862, p. 338.

Halcyon coromandus var. rufa Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 219 (1892)

Fünf Exemplare (*a* ♂, 20. März; *b* ♂, 22. März; *c* ♀, 10. Februar; *d* ♀, 15. Februar; *e* ♀, 19. März 1885), alle bezeichnet: „Iris braun. Schnabel und Füsse lackroth. Long. 26 cm. Diff. 5 cm.“

Alle Individuen stimmen in dem vollständig, auch an der Wurzel des Unterkiefers, rothen Schnabel und in der bedeutenderen Grösse sowohl unter einander, als auch mit den anderen mir vorliegenden Celebes-Exemplaren (I. Beitrag, S. 246) überein. Die Bürzelfedern sind bei dem Männchen *a* am meisten ins Silberweisse gehend. Die wichtigsten Maasse sind die folgenden:

Nr.	Geschlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Rictus cm
<i>a</i>	♂	11,5	6,9	6,0	6,6
<i>b</i>	♂	11,6	6,8	6,0	6,5
<i>c</i>	♀	11,8	7,2	6,4	7,0
<i>d</i>	♀	11,6	6,9	6,1	6,3
<i>e</i>	♀	11,3	6,4	5,9	6,6

Nach den neueren Untersuchungen halte ich es doch für richtiger, die Form von Celebes, Sanghir etc. nur als Unterart von *C. coromandus* und nicht als selbständige Art aufzufassen.

38. *Cittura cyanotis* (Temm.).

Dacelo cyanotis Temminck, Pl. Col. IV, pl. 262 (1824).

Cittura cyanotis Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 292 (1892)

14 Exemplare gehörten der 1. Sendung an (*a* bis *o*), später erhielt ich noch ein ♂ (*p*); bei allen wiederholt sich die Bezeichnung: „Iris hellroth. Schnabel lackroth. Fusse rothbraun“ (nur bei *d* „braunroth“).

<i>a</i>) ♂	L. 25 cm;	D. 7 cm.	14 September 1884
<i>b</i>) ♂	„ 25 „	„ 7 „	25. September 1884
<i>c</i>) ♂	„ 25 „	„ 7 „	28 October 1884
<i>d</i>) ♂	„ 25 „	„ 7 „	2. November 1884

e) ♂	L 26 cm;	D 8 cm.	4. November 1884
f) ♂	" 26 "	" 8 "	17. December 1884
g) ♂	" 25 "	" 7 "	12. Januar 1885
h) ♂	" 26 "	" 8 "	29. Januar 1885
i) ♀	" 25 "	" 7 "	26. September 1884
k) ♀	" 26 "	" 8 "	27. September 1884
l) ♀	" 26 "	" 8 "	4. October 1884
m) ♀	" 26 "	" 8 "	6. November 1884
n) ♀	" 26 "	" 8 "	10. December 1884
o) ♀	" 27 "	" 8 "	25. März 1885
p) ♂	" 25 "	" 7 "	27. April 1886

Eine grosse, mit Geschlechtsangabe genau versehene Reihe älterer Individuen, welche vollständig die in meinem II. Beitrage (S. 90 ff.) dargelegten Anschauungen A. B. Meyer's bestätigt. Alles sind offenbar, nach der Grösse und intensiv rothen Färbung des Schnabels (die Exemplare des Braunschweiger Museums haben alle eine matte Schnabelfärbung) zu schliessen, alte Individuen.

39. *Pelargopsis melanorhyncha* (Temm.).

Alcedo melanorhyncha Temminck, Pl. Col. IV, pl. 391 (1826).

Pelargopsis melanorhyncha Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 97 (1892).

10 Exemplare, alle bezeichnet: „Iris braun. Schnabel schwarz. Füsse rothbraun.“

a) ♂	L. 33 cm;	D. 5 cm.	25. August 1884	
*b) ♂	" 33 "	" 5 "	25. October 1884	Mus.-Inv.-Nr. 9681
c) ♂	" 33 "	" 5 "	10. März 1885	
d) ♀	" 33 "	" 5 "	14. September 1884	
e) ♀	" 34 "	" 6 "	4. October 1884	
f) ♀	" 35 "	" 6,5 "	30. October 1884	
g) ♀	" 35 "	" 6,5 "	8. März 1885	
h) ♀	" 34 "	" 5,5 "	12. März 1885	
i) ♂	" 33 "	" 6 "	24. April 1886	
k) ♂	" 34 "	" 5,5 "	28. April 1886	

a hat an Brust und Vorderleib, stärker als bei dem Riedel'schen Balge (II. Beitrag, S. 92), dunkle Federränder, die wohl, wie ich schon früher vermuthete, als ein Zeichen der Jugend aufzufassen sind; dabei sind die weissen Ränder an den oberen Flügeldeckfedern nur noch sehr schmal und offenbar stark abgenutzt. Fast auf derselben Stufe der Abnutzung der weissen Ränder steht *e*; alle anderen Bälge haben breitere Ränder und dabei auch schmale an den Rückenfedern. Die Färbung der Kopfoberseite variirt vom Greisen bis zum Hellgraubraunen je nach der Abnutzung der Federn, die alle eine graubraune Basis und eine weissliche Spitze besitzen. — Sämmtliche Weibchen sind grösser als die Männchen, übertreffen diese z. B. in der Flügelänge etwa mindestens um 1 cm.

Die mit der 2. Sendung zugegangenen beiden Männchen (*i* und *k*) zeichnen sich durch einen auffallenden grünen Farbenton des Rückens und der Flügel aus.

40. *Alcedo ispida bengalensis* (Gml.).

Alcedo bengalensis Gmelin, Syst. Nat. I, p. 450 (1788).

Alcedo ispida Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 141 (1892) (partim)

* „♀ juv. Iris braun. Long. 13 cm. Diff. 2 cm. Schnabel schwarz. Basis des Untersnabels und Füsse lackroth. 5. October 1884.“ (Museum-Inv. Nr. 9682.)

Dies Stück stimmt, von oben gesehen, fast genau mit einem älteren Weibchen von Gross-Sanghir überein. Auf der Unterseite ist als Zeichen der Jugend das Rostbraun nicht so intensiv entwickelt, und die blaugrüne Färbung der Brustseiten dehnt sich weiter nach vorn aus, so dass ein fast zusammenhängender bläulicher Bruststring entsteht. Ueber das fragliche Vorkommen von *Alcedo ispida bengalensis* in Nord-Celebes habe ich in meinem II. Beitrage (S. 93) ausführlich gehandelt. Das vorliegende Exemplar bietet eine neue Bestätigung desselben. — Bis jetzt habe ich mich nicht dazu entschliessen können, Sharpe folgend *bengalensis* vollständig mit *ispida* zu vereinigen. Die Wahrheit wird wohl in der Mitte liegen, und vielleicht haben Temminck und Schlegel, Raffles und später Seebohm das Richtige getroffen, wenn sie *bengalensis* als eine Varietät oder Unterart von *ispida* anführten, welchem Beispiele ich vorläufig gefolgt bin.

41. *Alcedo moluccana* (Less.).

Alcedo ispida var. *moluccana* Lesson, Voy. Coquille I, pt 1, p. 343 (1826).

Alcedo ispidioides Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 152 (1892).

Vier Balge, alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel schwarz. Füsse lackroth“. Bei dem Weibchen *d* ist auch die „Basis des Untersnabels lackroth“.

a) ♂	L. 13 cm;	D 2 cm.	30. September 1884
b) ♂	„ 14 „	„ 2,5 „	12. März 1885
c) ♂	„ 14 „	„ 2,5 „	20. März 1885
d) ♀	„ 14 „	„ 2,5 „	13. März 1885

Die drei Männchen stimmen mit dem früher besprochenen Riedel'schen Balge (II. Beitrag, S. 92) fast vollständig überein. Das Weibchen *d* ist ähnlich, unterscheidet sich aber durch die rothe Wurzelhälfte des Untersnabels.

Fam.: CYPSELIDAE.

42. *Macropteryx wallacei* (Gould).

Dendrochelidon wallacei Gould, Proc. Zool. Soc. 1859, p. 100.

Macropteryx wallacei Hartert, Cat. Birds Brit. Mus. XVI, p. 515 (1892).

„♀. Iris braun. Long. 20 cm. Diff. — 2 cm. Schnabel schwarz. Füsse grau. 28. November 1884.“

Obgleich vom Sammler als Weibchen bezeichnet, besitzt das Exemplar, wenn auch nur in geringerer Ausdehnung, deutlich den kastanienbraunen Flecken in der Ohrgegend, der bis jetzt für das Männchen als charakteristisch angenommen wurde. Vermuthlich liegt in diesem Falle ein Irrthum des Sammlers vor. In den Maassen (Ala 17,5; Cauda 9,7; Culmen 0,65 cm) steht dasselbe allerdings hinter den meisten von mir untersuchten männlichen Individuen zurück; in der Färbung stimmt es mit alten Männchen überein, nur deuten einige wenige weisse, dunkel berandete Federn in den Weichen noch auf einen verhältnissmässigen Jugendzustand.

43. *Collocalia esculenta* (Linn.).

Hirundo esculenta Linne, Syst. Nat. ed. X, Vol. I, p. 191 (1758).

Collocalia esculenta Hartert, Cat. Birds Brit. Mus. XVI, p. 509 (1892).

Zwei Bälge (**a* und **b*), beide gleich bezeichnet: „♀. Iris braun. Long. 9 cm. Diff. — 2 cm. Schnabel und Füsse braun. 6. September 1884.“

Beide Exemplare sind in der Zeichnung, Grösse und Ausbildung des Gefieders fast vollständig übereinstimmend, aber in einer Beziehung auffallend verschieden: *a* hat auf dem ganzen Gefieder der Oberseite und an den unteren Schwanzdecken einen gleichmässigen Metallglanz, bei gewisser Beleuchtung blau, bei anderer mehr grün; *b* dagegen hat denselben Metallglanz nur an der Basis der einzelnen Federn, während dieselben in der Mitte stahlblau und an der Spitze purpurn erscheinen. Es dürfte diese letztere Färbung ein Zeichen der grösseren Jugend sein; denn das Exemplar besitzt, während *a* an dem Gefieder den oben geschilderten gleichmässigen Metallglanz zeigt, mattbraune und nur wenig purpurn glänzende Schwungfedern und die Brustfedern und unteren Schwanzdeckfedern sind mit etwas breiteren weissen Rändern versehen, alles Charaktere, die auf eine grossere Jugend deuten. Schon Hartert (l. c.) erwähnt das Auftreten dieser Purpurfarbe in seiner Beschreibung; doch scheint sich das vorliegende Exemplar besonders dadurch auszuzeichnen. Ich kann mir vorläufig trotz der grossen Verschiedenheit in dem Metallglanze nicht denken, dass es sich hier um eine besondere Varietät oder Unterart handelt. Uebrigens entsprechen beide Individuen den Beschreibungen und den Maassen von *C. esculenta* (vergl. auch Wallace, Proc. Zool. Soc. 1863, p. 384, und Guillemard, ibid. 1885, p. 549). Die Maasse sind folgende:

Nr.	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Museum- Inv.-Nr.
* <i>a</i>	9,9	4,3	0,5	0,8	9683
* <i>b</i>	10,0	4,1	0,4	0,8	9684

Fam.: CAPRIMULGIDAE.

44. *Lyncornis macropterus* Bp.

Bonaparte, Consp. Av. I, p. 62 (1850), Hartert, Cat Birds Brit. Mus. XVI, p. 605 (1892).

Fünf Exemplare (*a* ♂, 20. Juni 1884; *b* ♂, 15. August 1884; *c* ♂, 14. September 1884; *d* und *e* ♀, 5. September 1884), alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Long. 32 cm. Diff. 1 cm. Schnabel und Füße horngraubraun.“

Die Weibchen (*d* und *e*) scheinen an Kopf und Nacken etwas heller gefärbt zu sein und zumal weniger den röthlichen Farbenton am Kopfe zu besitzen, der besonders *b* auszeichnet. Auch erscheinen die Weibchen etwas kleiner als die Männchen, wie folgende Tabelle lehrt:

Nr.	Geschlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Rostr. a. nar cm
<i>a</i>	♂	27,0	17,5	0,9	0,75
<i>b</i>	♂	25,5	16,3	1,05	0,8
<i>c</i>	♂	25,5	15,8	0,9	0,7
<i>d</i>	♀	25,0	15,6	0,9	0,7
<i>e</i>	♀	25,2	16,2	? (def.)	? (def.)

Fam.: BUCEROTIDAE.

45. *Rhabdotorrhinus exaratus* (Temm.).

Buceros exarhatus Temminck, Pl. Col. II, p. 91, pl. 211 [♀] (1823).

Penelopides exaratus Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 376 (1892).

Fünf Exemplare. Bei allen wiederholt sich die Bezeichnung: „Iris braun. Schnabel bräunlichgelb. Füße schwarz.“

<i>a</i>) ♂	L. 48 cm,	D. 15 cm.	29. Juni 1884
<i>b</i>) ♂	„ 47 „	„ 14 „	7. October 1884
<i>c</i>) ♂	„ 47 „	„ 14 „	9. October 1884
<i>d</i>) ♀	„ 47 „	„ 15 „	30. September 1884
<i>e</i>) ♀	„ 47 „	„ 14 „	7. October 1884

Alle Exemplare repräsentiren ein mittleres Altersstadium und bestätigen fast überall das von mir in meinem ersten Beitrage Gesagte (S. 249). Die orangegelbe Färbung der Querleisten an der Basis des Schnabels fehlt übrigens und ist höchstens bei *c* und *e* etwas angedeutet. Der Grössenunterschied der Geschlechter ist nur ein geringer. Die Flügellänge der Männchen scheint höchstens um 1 cm die der Weibchen zu übertreffen. Bei *a* und mehr noch bei *b* sind einzelne Federn der weissen Kehle und Kopfseiten im Nachwachsen begriffen und zeichnen sich durch orangegelbe Federbälge aus.

Ich habe im Obigen den von Meyer und Wiglesworth aufgestellten neuen Gattungsnamen angenommen. Die genannten Gelehrten versprechen in ihrem demnächst erscheinenden Werke die genaue Begründung für diese, mir übrigens sehr gerechtfertigt scheinende generische Trennung zu geben (Abh. und Ber. Mus. Dresden 1894/95, Nr. 8, S. 6, 1895).

46. *Cranorrhinus cassidix* (Temm.).

Buceros cassidix Temminck, Pl. Col. II, p. 66, pl. 210 (1823).

Cranorrhinus cassidix Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XVII, p. 377 (1892); Platen, Gef. Welt 1887, S. 219.

Sieben Exemplare, fünf Männchen (*a* bis *e*) und zwei Weibchen (*f* und *g*). Die Männchen sind bezeichnet: „Iris braunroth oder rothbraun. Schnabel gelb. Horn rothbraun. Kehle, Augenring blau. Füße schwarz“; die Weibchen: „Iris braun. Schnabel gelb. Kehle blau. Augenring und Füße schwarz.“

<i>a</i>) ♂	L. 100 cm;	D. 20 cm	25. October 1884
<i>b</i>) ♂	„ 98 „	„ 19 „	26. October 1884
<i>c</i>) ♂	„ 100 „	„ 20 „	6. December 1884
<i>d</i>) ♂	„ 98 „	„ 19 „	8. December 1884
<i>e</i>) ♂	„ 100 „	„ 20 „	27. December 1884
<i>f</i>) ♀	„ 82 „	„ 17 „	17. October 1884
<i>g</i>) ♀	„ 80 „	„ 16 „	12. November 1884

Der Winkel, den das Horn mit der Firste des Oberschnabels bildet, ist bei *a*, *b*, *f* und *g* etwa gleich einem Rechten, wie in Walden's Figuren 2 und 4, bei den übrigen etwas kleiner; den spitzesten Winkel hat das offenbar älteste Stück *c*, etwa wie in Walden's Figur 3 (Transact. Zool. Soc., Vol. VIII, Part II, p. 48 u. 49).

Das Männchen *d* hat abnormer Weise eine unregelmässige schwarze Fleckung an einer der mittleren Schwanzfedern. Die Formel für die Wülste an der Schnabelbasis ist bei den einzelnen Individuen folgende:

<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
$\frac{2.2}{3.3}$	$\frac{2.2}{2\frac{1}{2}.2}$	$\frac{3.3}{4.3}$	$\frac{2.2}{3.3}$	$\frac{2.2}{3.3}$	$\frac{2.3}{3.3}$	$\frac{3.3}{3.3}$

Hiernach ist *c* als das älteste Individuum anzusehen, und es stehen im Uebrigen sämmtliche Stücke in einem mittleren Alterszustande. — Sie bestätigen Alles, was ich über dieses Stadium und über die Färbungs- und Grössenverschiedenheiten der Geschlechter in meinem ersten Beitrage (S. 254 ff.) gesagt habe.

Fam.: CUCULIDAE.

47. *Rhamphococcyx calorhynchus* (Temm.).

Phoenicophaus calorhynchus Temminck, Pl. Col. pl. 349 (1825).

Rhamphococcyx calorhynchus Shelley, Cat. Birds Brit. Mus. XIX, p. 396 (1891); Platen, Gef. Welt 1887, S. 205 u. 218.

Vier Exemplare (*a* bis *d*) gehörten der 1. Sendung an. In der 2. Sendung befanden sich noch drei Bälge (*e* bis *g*). Die Aufzeichnungen des Sammlers sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Nr	Ge- schlecht	Long. cm	Diff cm	Iris	Schnabel	Füsse	Augen- ring	Datum
<i>a</i>	♂	52	23	roth- braun	{ roth schwarz gelb	schwarz	schwarz	31. Mai 1884
<i>b</i>	♀	55	26	roth	desgl.	„	„	10. Juni 1884
<i>c</i>	♀	55	26	„	desgl.	„	„	17. Juli 1884
<i>d</i>	♂ juv.	42	20	braun	{ gelb roth schwarz	schiefergrau	roth- braun	1. Juni 1884
<i>e</i>	♂	53	25	roth	wie <i>a</i>	schwarz	schwarz	3. Febr. 1886
<i>f</i>	♂ juv.	53	23	„	desgl.	„	„	6. April 1886
<i>g</i>	♀	54	24	„	desgl.	„	„	8. April 1886

Der jugendliche Balg *d* hat bei geringerer Körpergrösse einen noch ziemlich kleinen Schnabel (Länge von der seitlichen Befiederung bis zur Spitze 2,8 cm, Höhe an der Basis 1,3 cm), der hauptsächlich mattgelb gefärbt ist und nur an oder dicht vor der Spitze eine horngraue Farbe und an den zwei Wurzeldritteln des Unterkiefers eine röthliche Farbe annimmt. Die Färbung des Gefieders ist dabei schon fast so ausgebildet, wie bei den alten Männchen *a* und *e* (letzteres mit längstem Schnabel); nur haben die im Alter grauen Federn des Oberkopfes noch rothbraune Spitzen, und nur die graue Färbung der Wurzelhälfte macht es, dass der Oberkopf schon eine graubraune statt der rothbraunen Färbung annimmt. — Das ♂ *f* hat in der Schnabelfärbung und in der Farbe des Kopfes noch Kennzeichen der Jugend.

Meyer und Wigglesworth haben kürzlich dargelegt, dass die Individuen von Süd-Celebes stets ein blasserer Grau am Kopfe besitzen, als die von Nord-Celebes, weshalb sie die ersteren als Unterart *meridionalis* abtrennen (Abh. u. Ber. Mus. Dresden 1896/97, Nr. 2, S. 11). Mir ist dieser Unterschied bisher entgangen; doch habe ich niemals gleichzeitig viele Individuen von Norden und Süden in der Hand gehabt.

48. *Eudynamis melanorhyncha* S. Müll.

Salomon Muller, Verh. Land- und Volk. p 176, note (1839 bis 1844); Shelley, Cat. Birds Brit. Mus. XIX, p. 327 (1891).

18 Exemplare gehörten der 1. Sendung an, von denen die neun ersten (♂ *a* bis *h*) im schwarzen Kleide und die dann folgenden fünf (♀ *k* bis *o*) im gewöhnlichen bunten Kleide (ähnlich dem Riedel'schen Balge *D* im Braunschweiger Museum), übereinstimmend bezeichnet sind: „Iris blutroth. Schnabel und Füsse schwarz.“

Die folgenden vier Bälge (**p* bis *s*) sind im Uebergangskleide mit etwas abweichender Bezeichnung versehen, insofern wenigstens bei den

letzten dreien die Füße als „bleigrau“ beschrieben werden. Mit der späteren Sendung kam noch ein ganz schwarz gefärbtes Männchen (*t*), welches in der Bezeichnung den ersten neun männlichen Stücken gleicht.

a) ♂	L. 39 cm,	D. 11 cm.	7. August 1884
b) ♂	„ 40 „	„ 12 „	19 August 1884
c) ♂	„ 39 „	„ 11 „	23. August 1884
d) ♂	„ 39 „	„ 11 „	10. September 1884
e) ♂	„ 38 „	„ 10 „	14. September 1884
f) ♂	„ 40 „	„ 12 „	19. September 1884
g) ♂	„ 38 „	„ 10 „	9. October 1884
h) ♂	„ 40 „	„ 12 „	15. October 1884
i) ♂	„ 40 „	„ 12 „	16 November 1884
k) ♀	„ 38 „	„ 10 „	5 September 1884
l) ♀	„ 39 „	„ 11 „	14. September 1884
m) ♀	„ 39 „	„ 11 „	20. September 1884
n) ♀	„ 38 „	„ 10 „	3. December 1884
o) ♀	„ 38 „	„ 10 „	30. März 1885
*p) ♀?	„ 37 „	„ 10 „	14. Septbr. 1884 (Mus.-Inv.-Nr. 9685)
q) ♀	„ 39 „	„ 11 „	26. November 1884
r) ♀ juv.	„ 37 „	„ 10 „	2. August 1884
s) ♀	„ 37 „	„ 9 „	4 December 1884
t) ♂	„ 38 „	„ 10 „	20. April 1886

Die vier weiblichen Exemplare (*p* bis *s*) bestätigen die Ansichten, welche Brüggemann über die Umfärbung aufgestellt hat (Abh. Nat. Ver. Bremen, Bd. V, S. 59, 1876), recht gut: *p* befindet sich in Brüggemann's 7. Stadium, *r* (ähnlich Nr. 6693 des Braunschweiger Museums) im 5, *q* im 3. Stadium, in welchem Kopf und Hals schon schwarz sind und die dunklen Querbänder der Oberseite, der Flügel und des Schwanzes bedeutend an Breite zugenommen haben. Etwas abweichend von dem Umfärbungsgesetze ist *s*, ein Vogel, der auf den ersten Blick noch den fünf oben angeführten Weibchen ähnelt, dabei aber, trotz stärkerer Ausbildung heller Querbänder an der Kehle, auf der Brust eine wenigstens zur Hälfte dunkle Feder besitzt. — Auch die übrigen Individuen bestätigen nur bekannte Thatsachen; doch ist es auffallend, dass der Sammler alle ganz schwarzen Individuen als Männchen, alle braun gebänderten und im Uebergangskleide befindlichen als Weibchen bezeichnet hat, allerdings das fast ganz schwarze Exemplar *p* mit einem Fragezeichen.

49. *Cacomantis virescens* (Brüggem.).

Cuculus virescens Brüggemann, Abh. Nat. Ver. Bremen, Bd. V, S. 59 (1876)

Cacomantis virescens Shelley, Cat. Birds Brit. Mus. XIX, p. 274 (1891).

„♂. Iris braun. Long. 23 cm. Diff. 9 cm. Schnabel graubraun. Füße orange. 27. Juli 1884.“

Das Exemplar stimmt in allen wesentlichen Charakteren mit Brüggemann's Beschreibung überein. Und dass die Hauptvertreterin der Gattung auf Celebes (*virescens*) wirklich von der durch Indien

und den indomalayischen Inseln weit verbreiteten Art (*merulinus*) abgetrennt werden muss, darauf deuten schon Walden's Angaben (l. c.) und später auch Salvadori's Notizen (Ann. Mus. Civ. Genova, Vol. VII, 1875, p. 649) und andere Beobachtungen hin. Die Celebes-Art zeigt, abgesehen von kleinen Verschiedenheiten in der Grösse, auch gewisse constante Färbungsunterschiede, welche ich wieder an dem vorliegenden Balge und vier Bälgen von Duyvenbode, die ich untersuchen konnte und von denen zwei unter Nr. 5429 und 5432 jetzt dem Braunschweiger Museum gehören, bestätigt finde. Alle diese Stücke stimmen im Allgemeinen in der Färbung überein. Die Entwicklung der hellen Querbänder auf der Innenfahne der Schwanzfedern zeigt sich nur offenbar um so stärker, je junger das Individuum ist. Das vorliegende Platen'sche Männchen hat ausser den weissen Spitzen auf der äussersten Schwanzfeder sieben bis acht weisse Bänder, die zum Theil bis zum Schafte durchgehen, auf der zweitäussersten vier kurze, auf der dritten zwei bis drei, auf der vierten von aussen nur eins in rudimentärer Gestalt. Die beiden im hiesigen Museum befindlichen, sonst ganz gleich gefärbten Bälge von Duyvenbode haben etwas rostroth gefärbte helle Spitzen der Schwanzfedern und dabei nur eine Spur der hellen Bänderung an den Schwanzfedern, Nr. 5429 kaum eine Spur.

Während nach den Messungen Brüggemann's, Salvadori's und Guillemard's (Proc. Zool. Soc. 1885, p. 531) die Flügellänge zwischen 10,6 und 11,9 cm, die Schwanzlänge zwischen 12 und 14 cm schwanken kann, zeigen die mir vorliegenden drei Bälge folgende Maasse:

<i>Cacomantis virescens</i>	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Rictus cm	Tarsus cm
Platen ♂	11,3	13,6	1,65	2,3	1,7
Duyvenbode Nr. 5429	11,1	13,5	1,65	2,2	1,6
„ Nr. 5432	11,4	11,5	1,7	2,25	—

Neben der vorliegenden Art, die auf Celebes und Buru beschränkt ist, kommt auch die schon oben erwähnte, weit verbreitete, nahe verwandte Art *C. merulinus* auf Celebes vor. Ueber die betreffenden Vorkommnisse und die Unterscheidung der beiden Arten in einzelnen Kleidern haben Meyer und Wiglesworth werthvolle Mittheilungen gemacht (Abh. u. Ber. Mus. Dresden, 1894/95, Nr. 8, S. 6 und 1896/97, Nr. 1, S. 8 und Nr. 2, S. 10).

50. *Pyrrhocentor celebensis* (Qu. u. Gaim.).

Centropus celebensis Quoy et Gaimard, Voy. Astrol. Zool. I, p. 230, pl. 20 (1830), Shelley, Cat. Birds Brit. Mus. XIX, p. 365 (1891).

Vier Exemplare verschiedenen Geschlechts und Alters (*a* bis **d*) gehörten der 1. Sendung an. Mit einer späteren Sendung kamen noch zwei Männchen (*e* und *f*). Bei allen ist der Schnabel als „schwarz“

bezeichnet und nur bei einigen die Schnabelspitze von anderer Färbung.

	Iris	Füsse	Schnabel- spitze			Datum
a) ♂	blutroth	hellgrau	schwarz	L. 46 cm; D. 22 cm.		4. Juni 1884
b) ♀	"	schwarz	hellgrau	" 50 " " 23 "		23. Mai 1884
c) ♀	"	"	"	" 56 " " ? "		7. Juni 1884
* d) ♂ juv.	grau	bleigrau	schwarz	" 45 " " 20 "		23. August 1884
e) ♂	blutroth	schwarz	hellgrau	" 46 " " 21 "		6. Mai 1886
f) ♂	"	"	"	" 46 " " 21 "		8. Mai 1886

Das junge Exemplar *d* zeigt den Schnabel noch beträchtlich kleiner, als bei den Ausgewachsenen, und hat auf der Oberseite und an den Seiten von Kopf und Nacken noch rothbraune, undeutlich gebänderte Federn; ähnlich, wenn auch heller rothbraun, ist die Befiederung an der Kehle und Brust. Es ist dies eine Jugendfärbung, worauf auch Meyer und Wigglesworth hingewiesen haben (Abh. und Ber. Mus. Dresden 1896/97, Nr. 2, S. 11, 1896). — Gleichzeitig wird von denselben Autoren für Tonkean und die östliche Halbinsel eine Unterart *rufescens* unterschieden, die sich durch noch stärkere zimmtrothbraune Färbung an Kehle und Brust auszeichnen soll. — Eins der fünf älteren Individuen, das Weibchen *c*, unterscheidet sich durch einen etwas graueren Farbenton in den vorderen Theilen des Körpers und durch weniger dunkle Zügelflecken von den beiden anderen. Wahrscheinlich repräsentirt dieses das höchste Alter. Von den beiden letztgesandten Männchen ist *e* ausgefärbt, während *f* mit gelberer Brust einem etwas jüngeren Zustande entspricht.

Zur Veranschaulichung der früher erörterten (vergl. II. Beitrag, S. 98), nicht sehr bedeutenden Grössendifferenz der Geschlechter diene die folgende Maastabelle der vier ersten Exemplare:

Nr.	Geschlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Museum- Inv.-Nr.
<i>a</i>	♂	17,6	27,5	3,5	4,6	
<i>b</i>	♀	18,6	28,5	3,8	4,7	
<i>c</i>	♀	18,2	29,0	?	5,0	
* <i>d</i>	♂ juv.	15,8	26,5	3,2	4,4	9686

51. *Centrococyx javanicus* (Dum.).

Cuculus javanicus Dumont, Dict. Sc. Nat. XI, p. 144 (1818).

Centropus javanicus Shelley, Cat. Birds Brit. Mus. XIX, p. 354 (1891).

Centrococyx javanensis Platen, Gef. Welt 1887, S. 205.

Zwei Männchen (*a*, 4. Juni 1884; *b*, 11. Juni 1886) sind gleichmässig bezeichnet: „♂. Iris hellbraun. Long. 34 cm. Diff. 11 cm. Schnabel schwarz. Füsse blaugrau.“ Zu dem Stücke *b* gehörten mitgesandte Eier.

Die vorliegenden Bälge sind ausgefärbte Männchen, die sich durch ihre geringe Grösse (Ala : 15,2 cm) der früher von mir untersuchten Reihe männlicher Individuen (I. Beitrag, S. 266) ohne Zwang einfügen.

Meyer und Wigglesworth vereinigen wieder *javanicus* mit *bengalensis* und benennen dem entsprechend die Celebes-Vögel mit dem letzteren Namen, welcher die Priorität besitzt. Vorläufig möchte ich an der Berechtigung hierzu noch zweifeln.

52. *Cuculus intermedius* Vahl.

Vahl, Skriv. af Natur. Selsk. IV, p. 58 (1797); Shelley, Cat. Birds Brit. Mus. XIX, p. 252 (1891).

Cuculus canoroides W. Blasius, Ornis IV, p. 565 (1888).

Vier Exemplare (*a*, 16. September; *b*, 27. October; **c*, 29. October; *d*, 29. October 1884), alle bezeichnet: „♂. Iris braun. Long. 32 cm. Diff. 6 cm. Schnabel schwarz, unten gelbgrün. Augenring gelbgrün. Füsse hellgelb.“

Alle in etwas verschiedenen Kleidern: *a* ist ausgefärbt, entsprechend dem Exemplare *a* bei Salvadori (Ornitologia della Papuasias I, p. 328, 1880) und sehr ähnlich einem Amboina-Balge des Braunschweiger Museums. nur dass bei letzterem die Grundfarbe der Unterseite rostgelblich, bei dem Celebes-Balge fast rein weiss mit rostgelblichem Anfluge sich zeigt. Der Balg *b* hat schmale weisse Ränder an den Federn der Oberseite und bräunliche Färbung von Nacken und Oberkopf, sowie rostbraune Bänderung an den Seiten des Halses. Die Färbung der Unterseite ist ganz ähnlich wie bei einem Exemplar (Nr. 7714) von Nord-Australien, nur mit etwas dunkleren Brustbändern und weniger ausgedehnter rein grauer Färbung an der Kehle; *d* ist auf der Unterseite sehr ähnlich *b*, nur noch dunkler an der Kehle, auf der Oberseite mit schmalen hellen Rändern, aber an Nacken und Kopf fast schon so grau wie *a*. — Der Balg *c* endlich befindet sich in dem jugendlichen Stadium, wo die ganze Oberseite, Schwanz- und Schwungfedern rothbraun und schwärzlich gebändert erscheinen (ähnlich Salvadori's Balge *e*, l. c. p. 329). Die Uebereinstimmung dieses Stückes mit einem jugendlichen Weibchen aus Gross-Sanghir konnte ich früher (Ornis, l. c.) feststellen. Die wichtigsten Maasse sind die folgenden:

Nr.	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Museum- Inv.-Nr.
<i>a</i>	20,8	15,9	2,1	1,9	9687
<i>b</i>	19,9	15,5	c. 2,1 (def.)	1,9	
* <i>c</i>	19,8	15,7	2,05	1,9	
<i>d</i>	19,9	14,9	2,1	1,9	

53. *Hierococcyx fugax* (Horsf.).

Cuculus fugax Horsfield, Transact. Linn. Soc. XIII, p. 178 (1821).

Hierococcyx fugax Shelley, Cat. Birds Brit. Mus. XIX, p. 236 (1891).

„♀. Iris braun. Long. 32 cm. Diff. 6 cm. Schnabel schwarz, unten gelbgrün. Augenring gelbgrün. Füsse hellgelb. 28. Januar 1885.“

Ein Vogel im Uebergangs- bzw. späteren Jugendkleide: Der Schnabel im trockenen Balge ist hornschwärzlichbraun, unterwärts und an der äussersten Spitze hell.

Die Färbung der Oberseite des Kopfes, des Mantels, der Flügeldecken ist einfarbig schieferblaugrau, am Nacken mit einigen eingestreuten weissen Federn. Am Hinterrücken und den oberen Schwanzdeckfedern treten rothbraune Ränder und Querbänder an den grauen Federn auf; Schulterfedern zum Theil weisslich mit grauen und rothbraunen Querbändern; einige wenige Flügeldeckfedern und Schwungfedern, besonders Mittelschwingen sind rothbraun gebändert; die anderen von oben gesehen dunkelgraubraun mit etwas hellerer Spitze, von unten gesehen heller braun mit in einiger Entfernung von der Spitze beginnenden zahlreichen, verschieden breiten, meist nach aussen keilförmig zugespitzten hellen, nicht bis zum Schaft gehenden Querbändern auf der Innenfahne, an der Basis fast ganz hell und in der Färbung mit den unteren Flügeldeckfedern übereinstimmend, die durch lineare graue Schaftstriche ausgezeichnet sind; vorn am Flügelbug ein grosser rein weisser Flecken von mehreren Centimetern Länge. Seiten des Kopfes und Kinns grau wie die Oberseite; an den Seiten des Halses und vor den Augen weisse Federn. Ganze Unterseite des Leibes hell: Kehle, Hinterleib und untere Schwanzdecken rein weiss, etwas rostfarben angefliegen; die Brust mit rothbrauner Farbe und grauen schmalen Schaftstrichen gemischt. Vorderleib und die Weichen isabellfarben oder weisslich mit rostfarbenem Anfluge und mit breiteren dunkelbraunen Schaftflecken. Schwanz mit verschieden breiten braunschwarzen und hellen Binden, letztere sich von Rothbraun bis zu Weiss abstuft, ähnlich wie in der Abbildung von Schrenck (Reisen und Forschungen im Amurlande, Bd. I, Lief. 2: Vögel, Taf. X). Die äusserste Spitze vor der rothbraunen Endbinde ist weisslich. Die letzte schwarze Endbinde ist breiter als auf der citirten Abbildung, die offenbar einem etwas jüngeren Stadium entspricht, in welchem die Flügelfedern noch alle den rothbraunen Farbenton besitzen, den bei dem vorliegenden Exemplare nur noch einige zeigen. Wie bei dem von Brüggemann als *Cuculus asturinus* beschriebenen Exemplare des Darmstädter Museums haben die centralen Schwanzfedern vier, die peripherischen fünf schwarze Binden. Das mir augenblicklich vorliegende Platen'sche Celebes-Exemplar zeigt wiederum die von Brüggemann als für *C. asturinus* charakteristisch angegebene

Schnabelform (kurz, an der Basis sehr breit, an den Seiten concav eingebuchtet), die ich früher für eine vielleicht individuelle Abweichung hielt. Durch diese Schnabelform unterscheidet sich auch dieses Stück wieder sehr auffallend von zwei mir zur Vergleichung vorliegenden, ausserdem durch die bedeutendere Grösse leicht erkennbaren Exemplaren des Braunschweiger Museums von *H. strenuus* Gould (= *sparverioides* Vigors) und noch viel mehr von den gleichzeitig durch Platen eingesandten Exemplaren von *H. crassirostris* Walden. Leider kann ich sichere Exemplare von *H. fugax* (*flaviventris*, *hyperythrus*, *pectoralis* etc.) nicht vergleichen, um das Zusammenfallen des vorliegenden Stückes mit *H. fugax*, wie ich dies von dem genannten Darmstädter Balge vermuthete (Journ. f. Ornith. 1883, S. 153), sicher zu bestätigen. Darüber erscheint mir aber kein Zweifel, dass es sich hier jedesmal um dieselbe Art in etwas verschiedenen Kleidern handelt, die, wenn von *fugax* verschieden, *asturinus* (Brügg.) genannt werden muss. Die Maasse sind: Long. tot. 28,7; Culmen 2,4; Rictus 3,1; Ala 20,2; Cauda 15,6; Tarsus 2,4 cm. Es stimmen diese genügend mit den früher von mir angeführten Maassen (l. c. S. 154) und solchen von einem etwas kleineren Salanga-Exemplare Müller's (Journ. f. Ornith. 1885, S. 157) überein.

54. *Hierococcyx crassirostris* Wald.

Walden, Ann. a. Mag. Nat. Hist. 1872, p. 305; Shelley, Cat. Birds Brit. Mus. XIX, p. 239 (1891); Platen, Gef. Welt 1887, S. 219.

Fünf Exemplare (**a* bis **d*, *e*) gehörten der 1. Sendung an, eins (*f*) der 2., alle bezeichnet: „Iris braun. Schnabel braun (nur bei *b* schwarz), unten (bei *f* Wurzelhälfte) gelbgrün. Augenring und Füsse hellgelb.“

* <i>a</i>)	♂ ?	L. 36 cm;	D 8 cm.	17. September 1884	Mus.-Inv.-Nr. 9688
<i>b</i>)	♂ ?	„ 36 „	„ 8 „	2. November 1884	
<i>c</i>)	♀ ?	„ 35 „	„ 7 „	10. November 1884	
* <i>d</i>)	♀ ?	„ 38 „	„ 8 „	20. November 1884	Mus.-Inv.-Nr. 9689
<i>e</i>)	♀ ?	„ 36 „	„ 8 „	22. März 1885	
<i>f</i>)	♂ ?	„ 38 „	„ 8 „	5. September 1886	

Von den Exemplaren befinden sich *a* und *c* im Allgemeinen in dem von Walden beschriebenen hepatischen Gefieder Nr. 1 (Ann. Mag. Nat. Hist., ser. 4, vol. IX, p. 305), *e* in dem Kleide, das Walden als Nr. 2 beschreibt, und endlich *b* und *d* sind ähnlich dem von Brüggemann (Abh. Naturw. Vereins Bremen, Bd. V, S. 59) beschriebenen Kleide. Es scheinen *a* und *c* das Jugendkleid, *e* das Kleid kurz vor der Ausfärbung und *b* und *d* das Alterskleid zu besitzen. Uebrigens bestehen noch kleine Unterschiede zwischen *a* und *c*; letzteres ist am Kopfe und besonders an Stirn und Kehle mehr roströthlich gefärbt als *a*; *e* ähnelt den beiden alten Individuen fast vollständig, ist nur auf der Oberseite mehr rostfarben.

Das fragliche Männchen *f* trägt das oben beschriebene wahrscheinliche Kleid des Alters und ähnelt sehr dem fraglichen Weibchen *d*, nur besitzt das ganze Gefieder weniger Rostfarbe, der Rücken ist mehr graubraun, die Flügel braun mit Purpurschein, die Unterseite mehr rein weiss mit schwarzen Querbinden.

Die wichtigsten Maasse stelle ich in der folgenden Tabelle zusammen:

Nr.	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Rostr. a. nar. cm	Tarsus cm
* <i>a</i>	20,5	17,3	2,7	1,9	2,3
<i>b</i>	19,9	17,2	2,9	1,95	2,5
<i>c</i>	19,5	17,2	c. 2,6 (def.)	c. 1,8 (def.)	2,3
* <i>d</i>	20,7	17,6	c. 2,8 (def.)	c. 1,9 (def.)	2,6
<i>e</i>	20,0	17,0	c. 2,7 (def.)	c. 1,8 (def.)	2,5
<i>f</i>	21,0	18,2	2,8	2,0	2,4

IV. PASSERES.

Fam.: ORIOLIDAE.

55. *Broderipus celebensis* Wald.

Walden, Transact. Zool. Soc. VIII, p. 112 (1874); Platen, Gef. Welt, 1887, S. 206.

Oriolus celebensis Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. III, p. 203 (1877).

Zwei Exemplare (*a*, 4. Juni 1884; *b*, 4. Juli 1884), sind übereinstimmend bezeichnet: „♂. Iris rothbraun. Long. 27 cm. Diff. 4 cm. Schnabel röthlichbraun. Füsse blaugrau.“

Beides sind alte männliche Stücke, ähnlich dem Riedel'schen Balge *A* (vgl. meinen I. Beitrag, S. 271), bei *a* die Krone ganz durchgehend, die mittleren geringelten Schwanzfedern mit breiterem schwarzen Endfleck wie bei *A*; bei *b* dagegen die Krone hinten nicht vollständig geschlossen und weniger grosse schwarze Endflecken an den mehr grüngelben mittleren Schwanzfedern.

Inzwischen haben Meyer und Wiglesworth auf Grund der von Platen u. A. gesammelten Bälge einen constanten Unterschied zwischen den im Süden und den im Norden von Celebes vorkommenden Pirolen feststellen zu können geglaubt, worauf sie in ihrem in Aussicht stehenden grösseren Werke näher eingehen wollen; erstere sollen mehr Schwarz im Gefieder haben, als die letzteren (Abh. u. Ber. Mus. Dresden 1896/97, Nr. 1, S. 14, 1896). Auch ich selbst habe schon auf die Variabilität in der Färbung des Kopfes bei den nördlichen Individuen im Gegensatze zu den hierin mehr ein constantes Verhältniss zeigenden

südlichen Exemplaren, und auf andere Unterschiede hingewiesen, ohne dass dieselben mir für die Unterscheidung der Formen bisher genügend zu sein schienen (vgl. meinen I. Beitrag, S. 273).

Fam.: TURDIDAE.

56. *Geocichla erythronota* Sclat.

Sclater, Ibis 1859, p. 113; Seebohm, Cat. Birds Brit. Mus. V, p. 165 (1881); Platen, Gef. Welt 1887, S. 219.

Zwei Bälge (*a* und **b*) gehörten der 1. Sendung an, beide bezeichnet: „♂. Iris braun. Schnabel horngrau“. In der 2. Sendung befand sich noch ein altes ♂ (**c*) bezeichnet: „♂. Iris rothbraun. Schnabel röthlichbraun“.

a) ♂ (adol.) L. 20 cm; D. 3 cm. Fusse gelblichbraun, 28. Aug. 1884.

**b*) ♂ juv. „ 18 „ „ 2 „ „ fleischfarben, 8. Juli 1885; Mus.-Inv.-Nr. 9690

**c*) ♂ (jun) „ 17 „ „ 4 „ „ blaugrau, 9. Sept. 1886; „ „ 13977.

Das noch nicht ausgewachsene Männchen *a* entspricht im Allgemeinen der Beschreibung durch Sclater (Ibis 1859, p. 113) und Seebohm (Cat. Birds Brit. Mus., Vol. V, p. 165), sowie der Abbildung von Walden (l. c. Pl. VI, Fig. 2); doch sind offenbar noch einige Spuren des Jugendkleides geblieben: Kinn und Kehle ist noch weisslich, die einzelnen Federn weiss und an der Spitze mit rostfarbener Binde und schwarzem Ende. Auch an der schwarzen Vorderbrust sind noch einige Federn mit rostfarbig weisslichen Schaftflecken zu sehen; das weissliche Brustband ist ebenfalls an einigen Federn mit Rostfarbe gemischt. Auch am Leibe finden sich einige solche Federn; und die am Weitesten nach hinten liegenden weissen Spitzen, welche die untere weisse Flügelbinde bilden, sind nicht weiss, sondern rostfarben. Dabei fehlen aber bereits die von Seebohm (l. c. p. 166) erwähnten hellen Schaftstriche der Schulterfedern, während der Hinterrücken, Bürzel und die oberen Schwanzdecken ein leuchtendes helles Rothbraun zeigen. Die Farbe des Schnabels ist im Balge hornbraun, an der Spitze heller.

Das ♂ *c* ist noch etwas jünger als das eben beschriebene; die Spuren des Jugendkleides sind noch zahlreicher vorhanden; die Schulterfedern haben zum Theil noch helle Schaftstriche und die Färbung des Rückens ist eine dunkelschmutzigothbraune.

Interessant ist das *Jugendkleid* des ♂ *b*: Die ganze Oberseite ist dunkelrothbraun, die Federn des Vorderrückens, Nackens, Hinterkopfes und die Schulterfedern mit helleren Schaftstrichen. Das Weiss der unregelmässigen beiden hellen Flügelbinden ist noch grossentheils mit Rostfarbe gemischt; die kleinsten Flügeldeckfedern haben rostfarbene Spitzen; die weissen Flecken an den Zügeln und hinter den Augen sind erst sehr schwach entwickelt und mit Rostfarbe gemischt; die Federn

an Kinn und Kehle hellisabellfarben mit zarten dunklen Rändern, die schwarze Brust ist mit rostfarbenen Federn gemischt, der helle Brust-ring ganz rostfarben, ebenso auch die hellen Theile des Leibes, an dem die schwarzen halbmondförmigen Flecken nur unregelmässig angedeutet sind. Nur der Hinterleib und die unteren Schwanzdecken sind fast rein weiss. Der Schnabel, der im Leben fleischfarben gewesen ist, zeigt sich im trockenen Balge hellhornbraun mit hellerer Spitze.

Ich gebe im Folgenden noch die Maasse der beiden zuerst gesandten Bälge, die ich im Obigen genauer beschrieben habe:

Nr.	Ge- schlecht	Long. tot. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm
<i>a</i>	♂ adol.	20,5	11,3	7,1	1,9	3,3
<i>b</i>	♂ juv	17,4	11,1	6,55	1,8	3,25

Fam.: TIMELIIDAE.

57. *Trichostoma celebense* Strickl.

Strickland, Contr Orn. 1849, p. 127, pl. 35 (front. fig.)

Turdinus celebensis Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. VII, p. 542 (1883).

In der 2. Sendung befand sich ein Balg: „♀. Iris braun. Long. 13 cm. Diff. 3 cm. Schnabel und Füsse dunkelgrau. 1. Mai 1886.“

Mit einem Duyvenbode'schen Balge des Braunschweigischen Museums von Nord-Celebes gut übereinstimmend, nur die Brust weniger rein grau und mehr bräunlich, der Schnabel etwas heller braun. Die Art wird in Süd-Celebes durch *Tr. finschi* Wald. vertreten. In der Wiederzuthheilung dieser Arten zu dem Genus *Trichostoma* folge ich Büttikofer (Notes from the Leyden Museum XVII, 1895/96, p. 88). Die wichtigsten Maasse sind: Ala 6,7; Cauda 5,0; Culmen 1,7; Tarsus 2,6 cm.

Fam.: PITTIDAE.

58. *Pitta forsteni* (Bp.).

Brachyurus forsteni Bonaparte, Consp. Av. I, p. 256 (1854)

Pitta forsteni Sclater, Cat. Birds Brit. Mus. XIV, p. 442 (1888).

Melanopitta forsteni Platen, Gef. Welt 1887, S. 218.

Zehn Exemplare, 6 Männchen (*a*, **b* bis *f*) und 4 Weibchen (*y* bis, **i*, *k*), gehörten der 1. Sendung an, alle bezeichnet: „Iris braun. Schnabel schwarz. Füsse braungrau.“ Mit der 2. Sendung kam noch ein ausgefärbtes Männchen *l* (mit zugehörigen Eiern), bezeichnet: „Iris kaffeebraun. Schnabel schwarz. Füsse bräunlichgrau.“

Alles sind offenbar alte Individuen, an denen keine Geschlechtsunterschiede in Färbung und Grösse auffallen. Bei *d* ist das Roth des Hinterleibes matter als bei den übrigen und bei *f* und *g* weniger weit

ausgedehnt. Bei *ι* ist das Schwarz des Kopfes matter gefärbt, mehr dunkelbraun; gleichzeitig ist das Grün von Brust und Vorderleib etwas mehr bläulich übergossen. In Bezug auf den bläulichen Schein der grünen Unterseite stehen *ι* einigermaassen nahe: *d*, *g* und *h*. Es dürfte dies einem etwas jüngeren Entwicklungsstadium entsprechen.

In der folgenden Tabelle vereinige ich die wichtigsten Maasse mit den Daten des Sammlers:

Nr.	Ge- schlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Datum	Museum- Inv.-Nr
<i>a</i>	♂	20	1,5	11,6	4,5	2,4	4,4	17. Decbr. 1884	
* <i>b</i>	♂	19	1	11,8	4,5	2,4	4,2	15. Januar 1885	9691
<i>c</i>	♂	18	0,5	12,3	4,6	2,5	4,4	17. „ 1885	
<i>d</i>	♂	19	0,5	10,7	3,9	2,4	4,2	20. „ 1885	
<i>e</i>	♂	19	1	12,0	4,2	2,25	4,2	7. Febr. 1885	
<i>f</i>	♂	19	1	11,9	4,5	2,5	4,4	10. April 1885	
<i>g</i>	♀	18	0,5	11,5	4,5	2,35	4,1	22. Novbr. 1884	
<i>h</i>	♀	19	1	11,3	4,6	2,6	4,2	7. Decbr. 1884	
* <i>ι</i>	♀	18	0,5	11,5	4,1	2,3	4,2	11. „ 1884	9692
<i>k</i>	♀	18	0,5	11,0	4,1	2,3	4,1	4. Januar 1885	
<i>l</i>	♂	20	1,5	11,6	4,2	2,4	4,2	6. Mai 1886.	

59. *Pitta celebensis* Westerm.

Westerman, Bydr. t. d. Dierk. I, p. 46, *Pitta* pl. 3; Selater, Cat. Birds Brit. Mus. XIV, p. 436 (1888).

Erythropitta celebensis Platen, Gef. Welt 1887, S. 218.

13 Exemplare gehörten der 1. Sendung an, 8 Männchen (*a* bis **h*) und 15 Weibchen (*i*, *k*, **l* bis *n*), (alle mit Ausnahme des jungen Männchens *h* mit „braunem Schnabel“ übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel schwarz. Füsse grau.“

In der Färbung der alten Individuen (sämtlicher Bälge ausser *g* und *h*), sowie in deren Grösse ist kein Geschlechtsunterschied zu entdecken. Die Färbung des Kopfes ist verschieden dunkel: von den Männchen sind alle ausser *a* und *b* und von den Weibchen nur *l* dunkler am Kopfe gefärbt, fast schwärzlichbraun, während die übrigen mehr rothbraun zur Seite des bläulichen Mittelstreifens erscheinen. — Die beiden jungen Vögel *g* und *h* sind abweichend gefärbt: *g* ist älter und hat schon den rothen Leib fast vollständig wie im Alter ausgebildet; aber das blaue Brustband ist noch unvollständig, halb aus blauen, halb aus hellen, braun berandeten Federn, zum Theil auch aus grünlichen Federn bestehend; die Kehle zeigt den von der Basis der Federn herrührenden hellen Fleck im Braun ausgedehnter und das Braun ist heller; das Kinn ist erst wenig röthlich überflogen auf schmutzigweissen Federn. Eine ähnliche Färbung zeigt ein Flecken hinter den Augen, während die Wangen- und Ohrfedern schon fast

wie im Alter hellröthlich gefärbt sind; die Färbung des Kopfes ist ähnlich wie bei *a* und *b*, also mehr röthlich und weniger dunkel, der blaue Mittelstreifen schon entwickelt. Oberseite sonst wie beim alten Vogel, nur sind die Primärschwinge von hellbräunlicher Farbe und die blauen Mittelschwinge sind mit grünen gemischt, sowie auch die oberen Flügeldeckfedern scheckig gemischt erscheinen. — Noch jünger ist *h*, im Allgemeinen an Kopf und Unterseite von schmutzigbräunlicher, auf dem Rücken von schmutziggrünlicher Färbung. Am Kopfe ist der Mittelstreifen noch nicht blau, vielmehr von hellbrauner und dunkelschwarzbrauner Grundfarbe; das rothbraune Nackenband erst wenig angedeutet; an der Brust wenige blaue Federn, der Leib röthlich überflogen und mit einigen intensiver rothen Federn gemischt u. s. w.

Bei allen Exemplaren findet sich aussen am Flügelbug der aus wenigen Federn gebildete weisse Flecken, auf welchen Salvadori (Ann. Mus. Civ. Genova VII, p. 663) aufmerksam gemacht hat.

Die folgende Tabelle verbindet die wichtigsten Maasse mit den Daten des Sammlers:

Nr.	Ge- schlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Datum	Museum- Inv.-Nr.
<i>a</i>	♂	17	0,5	10,7	4,7	2,15	3,8	5. August 1884	
<i>b</i>	♂	18	1	10,3	4,1	2,1	3,7	17. Octbr. 1884	
<i>c</i>	♂	17	0,5	10,3	4,3	defect	3,8	23. „ 1884	
<i>d</i>	♂	17	0,5	10,2	4,0	2,2	3,7	30. „ 1884	
<i>e</i>	♂	18	1	9,9	4,1	c. 2,0	3,6	2. Novbr. 1884	
<i>f</i>	♂	18	0,5	10,4	3,8	2,15	3,8	21. Decbr. 1884	
<i>g</i>	♂ juv.	16	0,5	10,4	3,8	2,05	3,8	3. Octbr. 1884	
* <i>h</i>	♂ „	16	0,5	10,4	4,0	2,0	3,6	7. April 1885	9693
<i>i</i>	♀	18	0,5	10,4	4,2	1,9	3,6	27. Novbr. 1884	
<i>k</i>	♀	18	1	10,3	3,6	c. 1,95	3,8	26. Decbr. 1884	
* <i>l</i>	♀	18	0,5	10,5	4,1	2,1	3,8	27. „ 1884	9694
<i>m</i>	♀	17	0,5	10,1	4,2	2,1	3,9	6. Januar 1885	
<i>n</i>	♀	18	1	10,8	4,1	2,0	3,8	15. März 1884	
<i>o</i>	♂	17	1	10,7	4,4	2,2	3,9	18. April 1886	
<i>p</i>	♂	17	0,5	10,3	4,3	2,1	3,7	25. „ 1886	
<i>q</i>	♂	17,5	1	10,6	4,2	2,2	3,8	27. „ 1886	

60. *Pitta cyanoptera* Temm.

Temminck, Pl. Col. 218 (1823), W. Blasius, Braunsch. Anzeigen vom 3. März 1886, Nr. 52; id. Russ' Isis 1886, S. 103; Sclater, Cat. Birds Brit. Mus. XIV, p. 420 (1888).

„♂. Iris braun. Long. 17 cm. Diff. — cm. Schnabel schwarz. Füsse bräunlich. 7. October 1884.“

Das Exemplar stimmt so genau, als dies überhaupt erwartet werden kann, mit Nr. 257 von Buffon's Planches Enluminées überein, die ja

allgemein auf obige Art bezogen wird; nur ist das Blau der oberen Schwanzdecken und der Flügeldecken ein schönes Kobaltblau; die Färbung der Unterseite ist rehbraun, hinten schön carminroth; der Rücken ist einfarbig dunkelgrün; die schwarzen Kopfseiten, die nach hinten zu einem Nackenbände sich vereinigen, von dessen Mitte aus nach vorn der charakteristische schwarze Mittelstreifen der Kopfplatte ausgeht, greifen mehrere Millimeter hoch über die Augen hinüber; zwischen diesen und den braunen Seiten des Oberkopfes liegt ein schmaler hellbrauner bzw. weisslicher Supraciliarstreifen; abgesehen von den schwärzlichen Seiten des Kinns ist Vorderkehle und Kinn reinweiss, und von hieraus zieht sich ein weisser, nach hinten allmählich isabellfarben werdender Streifen unter den schwarzen Kopfseiten hin bis hinter die Augen. Die Füsse sind im Balge sehr hell bräunlich gefärbt, der Schnabel etwas dunkler braun, hornfarbig, aber nicht schwarz. Bei den obigen Notizen des Sammlers muss entweder ein Irrthum untergelaufen sein, oder die Farben der Horntheile haben sich nach dem Tode noch sehr verändert. — Auch mit den ausführlichen Beschreibungen von Schlegel (Mus. Pays-Bas, Pitta, p. 9), Elliot (Ibis 1870, p. 413, „*moluccensis*“ d. i. der Name, der zwar das Prioritätsrecht besitzt, aber aus geographischen Rücksichten verworfen wird) und Anderen, die ich vergleichen konnte, stimmt das Exemplar sehr gut überein; speciell mag hervorgehoben werden, dass die weissen Theile der ersten Schwungfedern eine breite, weisse Binde bilden, die etwa die Hälfte des Flügels umfasst, und dass die äusserste Spitze der mittelsten beiden Federn des sonst schwarzen Schwanzes deutlich, wenn auch matt, blau und nicht blaugrün auf einige Millimeter Breite gefärbt ist, während die jederseits äussersten Schwanzfedern auf der Aussenfahne einen ebensolchen rhombischen Spitzenflecken besitzen und die übrigen nur ganz schmal an der Spitze blau berandet sind.

Ich machte schon 1886 auf Platen's ersten Nachweis von dem Vorkommen dieser Art, die z. B. in Burmah, Siam, Süd-China, der malayischen Halbinsel und Borneo nachgewiesen ist, in Celebes aufmerksam; in dem Cat. Birds Brit. Mus. (l. c.) fehlt aber noch der Hinweis auf die Verbreitung in Celebes.

Die Maasse, die um ein Weniges hinter den Ausmessungen zurückbleiben, welche ich an zwei Exemplaren von Pontianak, West Borneo, vornehmen konnte (vergl. W. Blasius, Vögel von Potianak etc., Mitt. d. Geogr. Ges. u. des Naturh. Mus. zu Lübeck, II. Reihe, Heft X, 1896, S. 115, S. A. S. 27), sind folgende: Ala 11,8; Cauda 4, 2; Culmen ¹⁾ circa 2,5; Rictus ¹⁾ circa 3,2; Tarsus 3,9 cm.

¹⁾ Vom Oberschnabel fehlt die vordere Hälfte; vom Unterschnabel die Spitze. Die Maasse des Schnabels sind nach wahrscheinlicher Ergänzung der fehlenden Theile nur ungefähr richtige.

Fam.: MOTACILLIDAE.**61. Calobates melanope (Pall.).**

Motacilla melanope Pallas, Reis. Russ. Reichs III. App., p. 696 (1776);
Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. X, p. 497 (1885).

Vier Bälge (*a* ♂, 8. October; **b* ♂, 8. October; *c* ♀, 8. October; **d* ♀, 14. October 1884), alle bezeichnet: „Iris braun. Long. 17 cm. Diff. 6 cm. Schnabel grau. Füsse hellbraun.“

Alle mit heller Färbung von Kinn und Kehle, bei *b* weisslich, bei *c* gelblich, bei *a* und *d* schmutzigweiss. Der helle Augenstreifen ist überall sehr wenig entwickelt. Ein Paar Exemplare des Braunschweiger Museums aus Westfalen vom 21. Februar 1868 sind in der Färbung, wenn auch nicht in der Schwanzlänge, den Celebes-Exemplaren sehr ähnlich: *b* hat eine gelbere Unterseite; *d* ähnelt mehr einem anderen jungen weiblichen Stücke aus Westfalen, und *a* und *c* stehen in der Mitte.

Die einheimische gelbe Bachstelze (*boarula* oder *sulphurea*) hat meist eine Schwanzlänge von über 10 cm; bei den vorliegenden Bälgen wird eine Länge von 9 cm durchschnittlich nicht stark überschritten, wie die folgende Tabelle lehrt.

Nr.	Ge- schlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Mus.-Inv.- Nr.
<i>a</i>	♂	8,3	9,1	1,25	2,0	
* <i>b</i>	♂	8,5	9,5	1,35	2,0	9695
<i>c</i>	♀	8,15	8,9	def.	2,1	
* <i>d</i>	♀	7,9	9,0	(def.) > 1,2	2,0	9696

Meyer und Wigglesworth betrachten die Celebes-Vögel nur als eine östliche Unterart von *boarula* und bedienen sich auch nicht des besonderen Gattungsnamens *Calobates*.

Fam.: MUSCICAPIDAE.**62. Siphia omissa Hart.**

Hartert, Novitates Zoologicae III, p. 71 (1896).
Siphia banyumas Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. IV, p. 449 (1879) (partim).

Zwei Exemplare (**a* ♂ (juv.), 8. October 1884; *b* ♀, 21. April 1885), übereinstimmend bezeichnet: „Iris graubraun. Long. 13,5 cm. Diff. 2,5 cm. Schnabel schwarz. Füsse violettgrau.“

Obgleich mit verschiedener Geschlechtsbezeichnung versehen, sind beide Bälge im Wesentlichen mit einander übereinstimmend. Das Charak-

teristische ist, dass bei beiden die ganze Unterseite intensiv rostfarben erscheint, an der Brust dunkler, am Kinn und Leib heller, dass Schwungfedern und Schwanzfedern unterwärts braungrau gefärbt sind, dass die Zügelstreifen unter Beimischung von Braungrau dieselbe rostfarbene bzw. eine ähnliche orangerothliche Zeichnung besitzen, die sich sogar auf die vorderen Ohrdeckfedern ausdehnt, während der grösste Theil derselben mattbräunlich erscheint. Es kommt dazu, dass ebenfalls die durchscheinende Basis der Stirnfedern eine solche Rostfarbe zeigt. Die ganze Oberseite, auch der Schwanzfedern, ist mattschmutzigblau, intensiver an den Mantel- und Schwanzdeckfedern. Am Nacken und Kopf ist der blaue Schein sehr viel geringer, und die Färbung wird eine blaugraue. Die Schwungfedern sind bei beiden braun mit deutlichen olivenbraunen Rändern und fast gar keinem bläulichen Scheine.

Beide Exemplare unterscheiden sich von einander etwas: Das junge Männchen (*a*), das noch das weibliche Kleid besitzt, hat an der Brust eine etwas weniger dunkle Rostfarbe; Kinn und Leib sind ebenfalls um eine Spur heller; deutlicher heller sind die Zügelstreifen, und die Ohrfedern haben fast alle eine braungraue Färbung. Der blaue Schein an dem graublauen Kopfe und Nacken ist deutlicher, am Vorderrücken keine bräunliche Färbung beigemischt. Das Blau auf den Schwanzdecken ist intensiver, ebenso auf den Flügeldeckfedern.

Das Weibchen ist an der Brust dunkelrostfarben, fast so stark, wie ich diese Färbung bei einem von Duyvenbode stammenden Celebes-Balge eines Männchens im Braunschweiger Museum sehe; Kinn und Leib und Zügelstreifen sind mehr rostfarben; die Ohrfedern vorn mehr von dieser Farbe ergriffen. Der blaue Schein an dem blaugrauen Kopfe ist geringer, obgleich noch deutlich erkennbar, bis er an der Stirn durch Grau allmählich in die Rostfarbe übergeht. Am Vorderrücken und Nacken ist ein von den Ohrfedern ausgehendes Nackenband von deutlicher brauner Beimischung zu erkennen. Das Blau auf den Schwanzdeckfedern und den Flügeldecken ist weniger intensiv. Die erste Schwinge ragt bis zur Flügelmitte, die zweite bleibt etwa 1 cm, die dritte etwa 3 mm hinter der die Flügelspitze bildenden vierten Schwungfeder zurück. Die fünfte ist fast gleich oder wirklich gleich der vierten. Die folgenden sind allmählich kürzer.

Hartert hat auf Grund hauptsächlich der blassorangerothenen Zügelstreifen des Weibchens die Celebes-Form (aus dem Norden sowohl, als auch aus dem Süden; letztere Individuen von den Höhen von Indrulaman sind die typischen) als *S. omissa* von der *S. banyumas* abgetrennt. Die vorliegenden Bälge bestätigen der im Obigen ausführlich gegebenen Beschreibung zufolge die Ausführungen Hartert's. Auch die Läufe der vorliegenden Stücke sind heller im trockenen Balge, als bei *banyumas*, worauf Hartert später (Novitat. Zoologicae III, 1896,

p. 171, 172) noch aufmerksam gemacht hat bei Gelegenheit der Erwähnung von Exemplaren dieser Art von der Insel Saleyer.

Ich gebe noch die Maasse der beiden vorliegenden Bälge:

Nr.	Ge- schlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Mus.-Inv.- Nr.
*a	♂ juv.	7,3	5,9	c. 1,3	1,85	9697
b	♀	7,1	5,7	1,3	1,9	

63. *Culicicapa helianthea* (Wall.).

Muscicapa helianthea Wallace, Proc. Zool. Soc. 1865, p. 476.

Culicicapa helianthea Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. IV, p. 370 (1879).

Drei Exemplare (*a*, ♂, 5. October; **b*, ♀, 19. September; *c*, ♀, 6. October 1884), alle bezeichnet: „Iris hellgrau. Long. 12 cm. Diff. 2,5 cm. Schnabel oben braun, unten hellbraun. Füsse gelbbraun.“

Das Weibchen *b* hat etwas weniger intensive Farbe an der Stirn und Kehle. *a* und *c* unterscheiden sich aber nicht von einander, so dass kein Geschlechtsunterschied zu bestehen scheint. Die gelben Ränder an den Schwanzfedern treten im Allgemeinen, hauptsächlich bei *b*, nicht so intensiv hervor, wie dies auf der Tafel von Walden (Transact. Zool. Soc. VIII, Pl. 7, Fig. 1) wiedergegeben ist; sonst stimmen die vorliegenden Bälge, besonders *a* und *c*, sehr gut mit der Abbildung überein.

Die folgende Tabelle enthält die wichtigsten Maasse:

Nr.	Ge- schlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Mus.-Inv.- Nr.
<i>a</i>	♂	6,1	5,1	0,95	1,4	
* <i>b</i>	♀	5,8	4,9	0,9	1,35	9698
<i>c</i>	♀	5,9	5,2	c 0,9 (def.)	1,35	

64. *Hypothymis puella* (Wall.).

Myiagra puella Wallace, Proc. Zool. Soc. 1862, p. 430.

Hypothymis puella Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. IV, p. 277 (1879).

Vier Männchen (*a*, 27. August 1884; *b*, 3. Mai 1886; *c*, 4. Mai 1886; *d*, 7. Mai 1886), sämtlich übereinstimmend bezeichnet: „♂ Iris braun. Long. 16 cm. Diff. 4,5 cm. Schnabel blau (bei *a* allein: „Rand schwarz“). Füsse blaugrau.“

Dem männlichen Geschlechtscharakter entsprechend ist bei den ersten drei Individuen die Blaufärbung, wie schon früher hervorgehoben wurde, an allen Theilen des Gefieders eine intensivere, als beim Weibchen. Besonders fällt mir auf, dass der Vorderkopf und die Kehle und der Rücken dunklerblau erscheinen und dass auch die Mitte der

Unterseite und die oberen Flügeldecken noch einen deutlich blauen Farbenton besitzen, während diese Stellen bei den Weibchen viel weniger blau, fast nur blaugrau gefärbt sind. Das letzte Männchen (*d*) hat eine mattere, mehr graublau gefärbte Färbung; die Federn sind meist kürzer und an der Spitze weniger weit blau gefärbt, wodurch das Grau der Federbasis mehr hervortritt. Vermuthlich handelt es sich hier um ein Jugendkleid oder um ein sehr abgenutztes Gefieder.

Die Maasse sind:

Nr.	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm
<i>a</i>	7,4	7,6	1,3	1,6
<i>b</i>	7,4	7,8	> 1,2	1,7
<i>c</i>	7,2	7,5	1,4	1,6
<i>d</i>	7,1	7,2	1,2	1,6

Fam.: LANIIDAE.

65. *Lanius lucionensis* Linn.

LINNE, Syst. Nat. I, p. 135 (1766); Gadow, Cat. Birds Brit. Mus. VIII, p. 274 (1883); W. Blasius, Braunschw. Anzeigen v. 3. März 1886, Nr. 52; id. Russ' Isis 1886, S. 103.

„* ♀ Iris blaugrau. Long. 23 cm. Diff. 7 cm. Schnabel schwarz. Füße blaugrau. 2. März 1885.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9699.)

Der an der Firste und der Spitze dunkelbraunschwarze, im Uebrigen braungrau gefärbte Schnabel ist sehr stark und erinnert im Allgemeinen durchaus an die Schnabelform von *tigrinus* Drap. (= *magnirostris* Less.), von welcher Art ich drei Exemplare von Java und Johore vergleichen kann; doch ist die Zeichnung genau die für Winterkleider der Weibchen von *lucionensis* charakteristische: Kopf, Nacken, Vorderrücken oberseits fast gleichartig grau mit etwas bräunlichem Tone, nach vorn zu heller, und an der Stirn weisslichgrau, von wo aus weisse schmale Supraciliarstreifen über den Augen hin laufen; unter diesen ein schwärzlichbrauner, scharf abgegrenzter Augenstreif bis zum Nacken; darunter die Kopfseiten weiss mit undeutlichen grauen Fleckchen; Kinn und Kehle rein weiss; die übrige Unterseite isabellfarbig bis roströthlich, an der Brust mit schmalen braunen Querbändern. Hinterrücken und obere Schwanzdecken rostbraunröthlich mit dunklen Querbändern; an den Mittelschwingen und oberen Flügeldeckfedern ziemlich breite roströthliche Ränder. Der sehr lange Schwanz einfarbig braun mit wenig röthlichem Scheine auf der Oberseite, einige nachwachsende seitliche Federn mit sehr undeutlichen helleren Spitzen. — *L. superciliosus* und *phoenicurus* haben einen viel rotheren Farbenton auf der Oberseite und an dem Schwanze. *L. phoenicuroides* kommt unserem Balge in dem

Grau des Nackens nahe, hat aber wieder auf dem Kopfe einen röthlicheren Farbenton und unterscheidet sich überhaupt vollständig durch den viel kleineren Schnabel und durchweg rötheren Schwanz mit hellen Spitzen an allen Schwanzfedern. — *Lanius tigrinus* ist durch die ganz andere Färbung des Rückens ausgeschlossen (cf. Ibis 1867, Pl. VI, wie überhaupt die Walden'sche Monographie, ibid.) — So stehe ich denn nicht an, da der vorliegende Vogel mit den ausführlichen Beschreibungen, die Schalow (Journ. f. Ornith. 1875, S. 137) und Gadow (Cat. Birds Brit. Mus., Vol. VIII, 1883, p. 274) von dieser Art gegeben haben, im Wesentlichen übereinstimmt, denselben mit diesem Namen anzuführen. Es dürfte nun im hohen Grade wahrscheinlich werden, dass der noch nicht mit Sicherheit zu bestimmen gewesene junge Vogel, den A. B. Meyer in Nord-Celebes erbeutet hat (cf. Journ. f. Ornith. 1873, S. 404; 1883, S. 149) nicht zu *tigrinus* zu ziehen ist, sondern zu dieser Art.

Die Maasse dieses Individuums stelle ich in Parallele zu den von Schalow (l. c. p. 137 f.) angeführten Messungen von *lucionensis*, um zugleich zu zeigen, dass auch hierin eine vollständig befriedigende Uebereinstimmung besteht:

L. lucionensis	Long. tot. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Rictus cm	Tarsus cm
♀ Celebes	18,2	9,0	9,1	1,7	2,3	2,5
♂ ad. Philippinen	17,5	9,2	9,1	—	2,2	2,6
ad. Luzon	17,7	9,0	9,0	—	2,3	2,5
juv Manila	17,2	8,4	8,5	—	2,25	2,35

Fam.: ARTAMIDAE.

66. *Artamus leucogaster* (Valenc.).

Ocypterus leucogaster Valenciennes, Mém. Mus. d'Hist. Nat. VI, p. 21, pl. VII, fig. 2 (1820).

Artamus leucogaster Sharpe, Cat. Birds Brit Mus. XIII, p. 3 (1890).

In der 2. Sendung befanden sich fünf ausgefärbte Bälge, 1 Männchen (*a*) und 4 Weibchen (*b* bis *e*), sämmtlich übereinstimmend bezeichnet: „Schnabel und Füsse blaugrau.“ Die Iris ist bei sämmtlichen Weibchen als „braun“, bei dem Männchen *a* als „graubräunlich“ angegeben.

In meinem I. Beitrage (S. 278 bis 280) habe ich die Frage der specifischen Abtrennung der Celebes-Vögel und die Frage, ob in der Irisfarbe ein Geschlechtsunterschied begründet sei, ausführlich erörtert. Ich beschränke mich daher an dieser Stelle darauf, auf Platen's Farbenbezeichnung (Iris: ♂ graubräunlich, ♀ braun) ausdrücklich hinzuweisen und, verbunden mit den Daten des Sammlers, die Maasse zu geben, die bei den Celebes-Vögeln ganz besonders gross sein sollten:

Nr	Ge- schlecht	Long cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Datum
<i>a</i>	♂	18,5	0	13,8	6,3	1,9	1,75	5. März 1886
<i>b</i>	♀	19,5	0	13,8	6,4	1,8	1,85	26. Febr. 1886
<i>c</i>	♀	19	0	14,5	6,6	1,95	1,8	4. März 1886
<i>d</i>	♀	19	0	14,5	6,4	1,8	1,75	5. „ 1886
<i>e</i>	♀	20	0	14,3	6,7	1,9	1,8	7. April 1886

Hiernach scheinen im Ganzen die Weibchen noch etwas grösser zu sein, als die Männchen.

In der Färbung ist kein Geschlechtsunterschied zu bemerken. Die Schnäbel sind alle blaugrau, mit Ausnahme einiger Stellen, wo die Hornscheide verletzt ist oder sich gelöst hat.

Fam.: CAMPEPHAGIDAE.

67. *Artamides temmincki* (S. Müll.).

Ceblepyris temmincki Sal. Muller, Verh. Land- en Volkenk. p. 191 (1839—1844) (? 1841).

Artamides temmincki Sharpe, Cat. Birds Brit Mus. IV, p. 15 (1879)

Sechs Exemplare (*a* und *b*, ♂, 3. August 1884; *c*, ♂, 11. November 1884; *d*, ♀, 4. Juni 1884; *e*, ♀, 8. August 1884; *f*, *♀, 12. Januar 1885), alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris hellbraun. Long. 28 cm. Diff. 8 cm. Schnabel und Füsse schwarz.“

Das durch geringere Flügellänge sich auszeichnende ♀ *f* ist offenbar jung, entweder noch nicht ausgefärbt oder frisch vermausert; während die anderen Bälge mit Ausnahme der schwarzen Stirn und Zügel einen einfarbig blauen Eindruck machen, sind bei *f* die Schwanzfedern mit schmalen weissen Spitzen und die Schwung- und oberen Flügeldeckfedern mit schmalen weissen Säumen versehen. — Es scheinen sich die Geschlechter in der Färbung nicht zu unterscheiden; wohl aber vielleicht in der Grösse: die Männchen scheinen wenigstens in der Flügellänge kleiner, als die Weibchen zu sein, wie folgende Tabelle zeigt:

Nr.	Ge- schlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Mus.-Inv - Nr.
<i>a</i>	♂	15,5	15,4	2,4	2,3	
<i>b</i>	♂	15,9	15,7	2,35	2,3	
<i>c</i>	♂	15,8	16,0	c. 2,3 (def)	2,3	
<i>d</i>	♀	16,6	15,6	2,4	2,3	
<i>e</i>	♀	16,2	14,5	2,3	2,3	
* <i>f</i>	♀ (juv.)	15,4	15,0	2,4	2,2	9702

68. *Artamides bicolor* (Temm.).

Cebblepyris bicolor Temminck, Pl. Col. III, pl. 278 (1823)

Artamides bicolor Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. IV, p. 17 (1879).

Zwei Bälge gehörten der 1. Sendung an (*a* ♂; *b* ♀), beide bezeichnet: „Iris braun. Schnabel schwarz. Füße grau.“ Mit der 2. Sendung kamen noch vier Bälge (*c* ♂; *d* ein fragliches ♀, und *e* und *f* ♀), sämtlich bezeichnet: „Iris braun. Schnabel und Füße dunkelblaugrau.“

Das Männchen *a* mit weisslichem Schnabel am trockenen Balge hat das Kleid des alten Männchens, wie es Salvadori beschreibt, ohne weisse Zügelfedern bezw. Supraciliarstreifen, oder doch nur mit Spuren desselben, allerdings in der Ohrgegend etwas heller, als der früher erwähnte Riedel'sche Balg *A* (vergl. meinen II. Beitrag, S. 116). Das andere Männchen *c* ist offenbar noch mehr ausgefärbt mit vollständig schwarzem Kopf und Rücken. Das Weibchen *b*, mit hornbraunem Schnabel, hat auffallenderweise ebenso schwarze Färbung von Kopf und Rücken, wie der Riedel'sche Balg *C*, dem er auch in Bezug auf die matter braune Färbung der Flügel mit den noch breiteren weissen Rändern der Mittelschwingen sehr ähnelt. Dabei fehlen die weissen Zügel- und Supraciliarfedern auch hier, und das dunkle Brustband ist auf der weissen Unterseite etwas stärker entwickelt. Wenn dies wirklich das Kleid eines Weibchens ist, so muss das graue Kleid des Riedel'schen Exemplares *D* als Jugendkleid gedeutet werden.

Die drei Weibchen (*d* bis *f*) haben graue Färbung von Kopf und Rücken, und *e* und *f* auch eine graue Färbung von Kinn, Kehle und Brust nach Art des weiblichen Kleides, während *d* an den letzteren Stellen schwarz- und weiss-scheckig gemischt erscheint bei auffallend langem, schlankem und auf der Firste weniger gekrümmtem Schnabel.

In der folgenden Tabelle verbinde ich die wichtigsten Maasse mit den Angaben des Sammlers:

Nr.	Ge- schlecht	Long cm	Diff cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Datum
<i>a</i>	♂	28	6	17,5	13,0	2,6	15. August 1884
<i>b</i>	♀	28	8	16,8	13,4	2,5	14 „ 1884
<i>c</i>	♂	27	6	17,7	13,2	2,55	8 Mai 1886
<i>d</i>	♀ ?	26	5,5	17,3	13,4	3,05	30. Februar 1886
<i>e</i>	♀	27,5	6	18,1	13,6	2,9	5. April 1886
<i>f</i>	♀	26	5,5	17,3	13,2	2,6	8 Mai 1886

69. *Graucalus leucopygius* Bp.

Bonaparte, Consp. Av. I, p. 354 (1850), Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. IV, p. 33 (1879).

* „♂. Iris braun. Long. 26 cm. Diff. 6,5 cm. Schnabel und Füsse schwarz. 26. Juli 1884.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9700.)

Das Exemplar besitzt am Kopfe noch die einfarbig hellgraue Färbung der Weibchen und kennzeichnet sich hierdurch, wenn Platen's Geschlechtsbezeichnung richtig ist, als ein junges Männchen. Dafür dürfte auch sprechen, dass der Vorderleib und die Hosen weisslich mit grauen Querbinden erscheinen und die Primärschwingen und Schwanzfedern schmale weisse, nach der Spitze zu rostfarbene Ränder, die Secundärschwingen breite weisse Ränder besitzen, die ebenfalls nach der Spitze zu rostgelb sich färben, und dass die äusserste Schwanzfeder einen etwa 6 mm breiten weissen Spitzenfleck zeigt und der Schnabel im trockenen Balge mehr hornbraun als schwarz erscheint. Es scheinen dies alles Charaktere des Jugendkleides zu sein; denn im Uebrigen stimmt der Balg gut mit den alten Exemplaren des Braunschweiger Museums überein, die allerdings grösser sind.

Die Maasse dieses jungen Männchens sind: Ala 14,5 cm; Cauda 12,1 cm; Culmen 2,1 cm; Tarsus 2,4 cm.

70. *Edoliisoma morio* (S. Müll.).

Ceblepyris morio Sal Muller, Verh. Land- und Volkenk., p. 189 (1839—1844) (? 1841).

Edoliisoma morio Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. IV, p. 54 (1879).

Neun Exemplare, sechs Männchen (*a*, 15. August 1884; *b*, 20. Aug. 1884; *c*, 2. October 1884; *d*, 5. October 1884; *e*, 11. November 1884; **f* (juv.), 2. October 1884: Mus.-Inv.-Nr. 9701) und drei Weibchen *g*, 21. Juni 1884; *h*, 15. August 1884; *i*, 5. October 1884), alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Long. 24 cm. Diff. 6 cm. Schnabel und Füsse schwarz.“

Die drei Weibchen tragen das bunte, unterseits gebänderte Kleid (ähnlich einem jungen Weibchen, welches das Braunschweiger Museum von dem Darmstädter erhielt); bei *g* und *h* ist die Unterseite weniger von röthlicher Grundfarbe, vielmehr tritt an einigen Stellen ein hellerer Farbenton auf. *f* ist im Uebergangskleide, unterseits theils noch gebändert, theils aber schon schwarz; dabei sind die unteren Flügeldeckfedern noch von hellrosthlicher Farbe. Diese Färbung der unteren Flügeldeckfedern ist bei *d* noch theilweise geblieben, obgleich sonst äusserlich das Kleid des alten Männchens vollendet ist, das die übrigen vier Männchen vollkommen tragen. Alle diese ausgefärbten Männchen unterscheiden sich übrigens von Nr. 5469 des Braunschweiger Museums durch breitere helle Ränder an den Mittelschwingen.

Die Maasse der Flügel- und Schwanzlänge zeigt die folgende Tabelle:

Edoliisoma morio	♂						♀		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>
Ala cm	11,6	11,8	11,6	12,1	11,3	11,8	11,3	11,5	11,5
Cauda cm	9,7	10,6	9,3	10,1	8,7	9,9	10,0	10,2	9,9

71. *Lalage leucopygialis* Wald.

Walden, Transact. Zool. Soc. VIII, p. 69, Nr. 88, Pl. 8, Fig. 2 (1872);
Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. IV, p. 54 (1879).

Zwei Exemplare (*a* ♀, *b* ♂) übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel schwarz“.

Das weibliche Exemplar ist sehr ähnlich dem von mir früher genauer beschriebenen Riedel'schen Balge *B*; nur ist die Grundfarbe des Oberkopfes eine schwärzere, obgleich, zumal vorn an der Stirn, etwas mehr mit grauen Federrändern vermischt. Da das Stück als Weibchen bezeichnet ist, so folgt daraus, dass ein schwärzlicher Kopf noch nicht als Kennzeichen des männlichen Geschlechtes angesehen werden kann.

Der Balg *b* ist ein ausgefärbtes Männchen mit schwarzem Rücken, das dem Riedel'schen Balge *A* entspricht.

Die folgende Tabelle giebt die wichtigsten Maasse mit den Daten des Sammlers:

Nr.	Ge- schlecht	Long. cm	Diff. cm	Farbe der Füsse	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Datum
<i>a</i>	♀	16	3	grau	9,1	7,5	1,3	1,7	9. Oct. 1884
<i>b</i>	♂	17	2,5	dunkelgrau	9,5	7,4	1,45	1,95	5. Mai 1886

Fam.: DICRURIDAE.

72. *Dicruropsis leucops* (Wall.).

Dicrurus leucops Wallace, Proc. Zool. Soc. 1865, p. 478

Chibia leucops Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. III, p. 241 (1877).

Dicruropsis leucops Platen, Gef. Welt 1887, S. 205.

Zwei Bälge (*a* ♂, 18. Juni 1884; *b* ♀, 30. März 1885) übereinstimmend bezeichnet: „Iris milchweiss. Long. 31 cm. Diff. 7 cm. Schnabel und Füsse schwarz.“ Zu dem Weibchen gehören Eier und Nest Nr. 5.

Beides sind ausgefärbte Vögel; bei dem Weibchen sind die hellen Flecken unter den Flügeln etwas zahlreicher und reiner weiss, als bei dem Männchen. Das Weibchen hat kleinere Metallplättchen an den Brustfedern, als das Männchen, und ist auch auffallend kleiner, was mit meinen früheren Ausmessungen (vergl. meinen I. Beitrag, S. 283) übereinstimmt. Die wichtigsten Maasse sind:

Nr.	Ge- schlecht	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	Rost. ab orif. nar. cm
<i>a</i>	♂	16,8	14,7	3,9	2,5
<i>b</i>	♀	15,5	14,0	3,65	2,3

Nach P. und F. Sarasin's Forschungen soll der junge Vogel von dieser im Alter weissäugigen Species eine braune Färbung der Iris besitzen (Meyer u. Wigglesworth, Abh. u. Ber. Mus. Dresden 1894/95, Nr. 8, S. 10, 1895).

Fam.: NECTARINIIDAE.

73. *Anthreptes malaccensis celebensis* Shell.

Certhia malaccensis Scopoli, Del. Flor. et Faun. Insubr. II, p. 91 (1786) (partim).
Anthreptes celebensis Shelley, Monogr. Nect. p. 319, pl. 103, Fig. 2 u. 3 (1879).
Anthothreptes malaccensis Gadow, Cat. Birds Brit. Mus. IX, p. 122 (1884) (partim).

Fünf Exemplare (*a* ♂, 10. Februar; *b* ♂, 12. März; *c* ♂, 13. März; *d* ♂, 20. März; *e* ♀, 21. Februar 1885) gehörten der 1. Sendung an, alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Long. 12 cm. Diff. 2 cm“; die vier Männchen: „Schnabel schwarz. Füsse schwarzgrau“; das Weibchen *e*: „Schnabel und Füsse bräunlichschwarz.“

Alle stimmen genau in ihrem alten männlichen bzw. weiblichen (*e*) Kleide mit den früher besprochenen Riedel'schen Bälgen überein und bestätigen das früher über das Verhältniss zu *A. malaccensis* und *rhodolaema* Gesagte (vergl. meinen I. Beitrag, S. 284).

Mit der 2. Sendung erhielt ich noch zwei Bälge, übereinstimmend bezeichnet: „Iris rothbraun, Schnabel schwarz.“

f) ♂, L. 12 cm, D. 2 cm. Füsse graubraun, 10. Nov. 1886

**g*) ♀, „ 11 „ „ 2 „ „ „ dunkelgrau, 23 April 1886

(Hierzu Eier) Mus.-Inv.-Nr. 13976

Das letzte Individuum zeichnet sich durch grauere Farbe von Kopf und Nacken und durch weissliche Färbung von Kinn und Kehle aus, sowie auch der Leib ein matteres Gelb zeigt. Vielleicht handelt es sich hier, der Geschlechtsbezeichnung des Sammlers entgegen, um ein junges, in Umfärbung begriffenes Männchen. Uebrigens beschreibt auch Gadow (l. c. p. 124) eine ähnliche Färbung beim Weibchen.

74. *Hermotimia porphyrolaema* (Wall.).

Nectarinia porphyrolaema Wallace, Proc. Zool. Soc 1865, p. 479.

Cinnyris aspasiae var. *porphyrolaema* Gadow, Cat. Birds Brit. Mus. IX, p. 70 u. 72 (1884).

Zwei Weibchen (*a*, 4. August; **b*, 5. August 1884, Mus.-Inv.-Nr. 9703), beide bezeichnet: „♀. Iris braun. Long. 9 cm. Diff. 2 cm. Schnabel und Füsse schwarz.“

Sie stimmen in der Färbung und Grösse mit einander überein, und in der Färbung vollständig mit dem früher besprochenen jungen Platen'schen Männchen aus Süd-Celebes mit Ausnahme der metallglänzenden Bartstreifen, welche den Weibchen fehlen.

Sie sind übrigens in der Flügellänge sichtlich kleiner, als jenes Männchen (vergl. meinen I. Beitrag, S. 287).

75. *Cyrtostomus frenatus meyeri* (Hart.).

Nectarina frenata Sal. Muller, Verh. Land- und Volkenk. p. 173 (1843) (partim).

Cinnyris frenata meyeri Hartert, Novitates Zoologicae IV, April 1897 p. 156.

Cinnyris jugularis var. *frenata* Gadow, Cat. Birds Brit. Mus. IX, p. 86 (1884) (partim).

14 Exemplare, alle bezeichnet: „Iris braun. Schnabel und Füsse schwarz.“

a) ♂	L. 10,5 cm; D. 2 cm.	19. August 1884	
b) ♂	„ 10,5 „ „ 2 „	20. „ „	
c) ♂	„ 10,5 „ „ 2 „	20. „ „	
d) ♂	„ 10,5 „ „ 2 „	21. „ „	
e) ♂	„ 10,5 „ „ 2 „	21. „ „	
f) ♂	„ 10,5 „ „ 2 „	23. „ „	
g) ♂	„ 10,5 „ „ 2 „	27. „ „	
h) ♂	„ 10,5 „ „ 2 „	27. „ „	
*i) ♀ juv.	„ 9 „ „ 1 „	14. „ „	Mus.-Inv.-Nr. 9704
k) ♀	„ 9,5 „ „ 1,5 „	20. „ „	
l) ♀	„ 9,5 „ „ 1,5 „	28. „ „	
m) ♀	„ 9,5 „ „ 1,5 „	30. „ „	
n) ♂	„ 10 „ „ 2 „	5. October 1886	
o) ♀	„ 10 „ „ 2 „	5. „ „	

Alle Männchen einerseits und Weibchen andererseits stimmen in den wichtigsten Charakteren je unter einander überein. Das junge Weibchen *i* nur hat eine geringere Grösse und einige kleine Färbungsverschiedenheiten, die unerheblich zu sein scheinen

a hat den längsten Schnabel von allen, doch bleibt derselbe (Firste 1,85 cm) weit hinter der Länge des Schnabels der Hauptart zurück.

Zur Erläuterung der Bezeichnung, unter welcher ich die vorliegenden Bälge aufführe, erinnere ich daran, dass ich auf Grund eines grösseren Materials an Individuen von *Cyrtostomus frenatus* aus Süd-Celebes, welche Platen 1878 gesammelt hatte, allerdings unter beiläufiger Hinzuziehung von Individuen aus Nord-Celebes im Jahre 1885 *Cyrtostomus frenatus plateni* beschrieben und abgebildet habe (vergl. meinen I. Beitrag, S. 289, Taf. XII). Die untere Figur der Tafel giebt das Bild eines Männchens von Süd-Celebes, die obere Figur dasjenige eines Weibchens aus der Minahassa (Nord-Celebes). Ich dachte damals nicht an die Möglichkeit einer weiteren Trennung. Da

beschrieb nun Ernst Hartert 1896 nach einem Pärchen von Indrulaman, einem Orte, welcher etwa 2300 Fuss hoch auf den Vorbergen des Bonthain Peak in Süd-Celebes liegt, eine neue Unterart als *Cinnyris frenata dissentiens* (Novit. Zoologic. 1896, p. 152), und kurze Zeit später konnte derselbe feststellen, dass eben diese Form aufwärts bis zu dem Gipfel des Bonthain Peak vorkommt, während eine auf der benachbarten Insel Saleyer vorkommende abweichende Form von ihm als *Cinnyris frenata saleyerensis* beschrieben wurde (Novit. Zoologic. 1897, p. 156). Gleichzeitig konnte er darauf hinweisen, dass sich die Vögel von Nord-Celebes durch dunkleres Gelb auf der Unterseite und durch grünliche Oberseite von sämtlichen anderen in Süd-Celebes und auf den benachbarten Inseln vorkommenden Formen unterscheiden und nannte nun die nördliche Form *Cinnyris frenata meyeri*. — Nach dem mir vorliegenden Materiale kann ich gegen diese weitere Abtrennung keine Einwendungen erheben. Danach bliebe denn nach Hartert der Name *Cyrtostomus frenatus plateni* nur für die in den niederen Regionen von Süd-Celebes (z. B. bei Mangkassar und Kalibangkere, District Tjamba) vorkommenden Vögel in Geltung, und als typische Abbildung kann nur das dargestellte Männchen auf der von mir gegebenen Tafel gelten, während das Weibchen der Tafel zu *Cyrtostomus frenatus meyeri* Hart. gehört. Nach brieflichen und mündlichen Mittheilungen halten auch Meyer und Wiglesworth *C. fr. plateni* und *meyeri* für gut von einander zu unterscheidende Unterarten, während ihnen die Frage noch offen zu bleiben scheint, ob auch *C. fr. dissentiens* (und vielleicht auch *C. fr. saleyerensis*) sich wirklich von *C. fr. plateni* unterscheidet.

76. *Nectarophila grayi* (Wall.).

Nectarinia grayi Wallace, Proc. Zool. Soc. 1865, p. 479.

Cinnyris grayi Gadow, Cat. Birds Brit. Mus. IX, p. 66 (1884).

Zwei Männchen (*a* und **b*, 7. August 1884, letzteres Mus.-Inv.-Nr. 9705; *c*, 5. Mai 1886; *d*, 7. Mai 1886; *e*, 9. Mai 1886), sämtlich übereinstimmend bezeichnet: „♂. Iris braun. Long. 10 cm (nur bei *d* 9,8 cm). Diff. 2 cm. Schnabel und Füße schwarz. 7. August 1884.“

Alle sind schön ausgefärbte Männchen, zwischen denen ein Unterschied nicht bemerkbar ist.

77. *Aethopyga flavostriata* (Wall.).

Nectarinia flavostriata Wallace, Proc. Zool. Soc. 1865, p. 478, pl. 19, Fig. 2.

Aethopyga flavostriata Gadow, Cat. Birds Brit. Mus. IX, p. 23 (1884).

12 Exemplare (7 ♂ ad. *a* bis **e*, *f* und *g*, 3 ♂ juv. **h* bis *k*, 2 ♀ *l* und **m*), alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel und Füße braun.“ Bei den sieben alten Männchen ist noch hinzugefügt: „Schnabel unten heller.“

Die sieben alten Männchen (*a* bis *g*) sind in dem ausgefärbten, von Wallace (Proc. Zool. Soc. 1865, p. 478) gut beschriebenen Prachtkleide; die beiden Weibchen (*l* und *m*) befinden sich in dem Kleide, das Brüggemann (Abh. Nat. Ver. Bremen V, S. 74) als das eines jungen Männchens („ebenso wohl auch des Weibchens“) beschrieben hat. Die drei als jung bezeichneten Männchen (*h* bis *k*) tragen das weibliche Kleid mit mehr oder weniger verrätherischen Spuren des beginnenden männlichen Prachtkleides. So werden z. B. bei *i* eine oder zwei rothe Federn an der Brust zum Verräther, bei *k* ausser eben solchen auch noch ein Paar rothe Federn im Nacken und an den Kopfseiten; bei *h* endlich sind schon fast alle Stellen, die später roth werden, mit rothen Federn vermischt, und auf dem Kopfe erscheint schon eine stahlblaue Feder. — Schliesslich gebe ich noch eine Tabelle der wichtigsten Maasse, der die Daten des Sammlers beigefügt sind:

Nr.	Geschlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Datum	Museum-Inv.-Nr
<i>a</i>	♂	11	2,5	5,2	4,1	1,9	1,5	1. August 1884	
<i>b</i>	♂	11	2,5	5,3	4,0	1,9	1,4	1. „ 1884	
<i>c</i>	♂	11	2,5	5,4	4,2	2,0!	1,5	3. „ 1884	
<i>d</i>	♂	11	2,5	5,45	4,4	1,8	1,4	3. „ 1884	
* <i>e</i>	♂	11	2,5	5,4	4,3	1,9	1,4	5. „ 1884	9706
<i>f</i>	♂	11	2,5	5,6	4,0	1,85	1,35	5. „ 1884	
<i>g</i>	♂	11	2,5	5,4	4,2	1,85	1,4	8. „ 1884	
* <i>h</i>	♂ juv.	10	2	5,3	3,7	1,95	1,4	15. „ 1884	9707
<i>i</i>	♂ juv.	10	2	5,2	3,5	1,75	1,4	15. „ 1884	
<i>k</i>	♂ juv.	10	2	5,2	3,7	1,9	1,4	20. „ 1884	
<i>l</i>	♀	9,5	2	4,8	3,3	1,75	1,4	20. „ 1884	
* <i>m</i>	♀	9,5	2	4,95	3,4	1,9	1,4	22. „ 1884	9708

Fam.: DICAETIDAE.

78. *Dicaeum celebicum* Müll. u. Schleg.

Sal Muller u. Schlegel, Verh. Land- en Volkenk. p. 182 (1832 bis 1844), Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. X, p. 23 (1885).

Sieben Stück (*a* bis **g*) gehörten der 1. Sendung, vier alte Männchen (*h* bis *l*) der 2. Sendung an; bei allen ist die „Iris braun“ bezeichnet, bei den Männchen: „Schnabel und Füsse schwarz“, bei den Weibchen dagegen „braun“.

Von den Männchen ist *c* noch nicht vollständig ausgefärbt, während *k* einen weniger purpurnen, vielmehr stahlblauen Schein des dunklen Gefieders besitzt, der an *Dicaeum sanghirense* erinnert; im Uebrigen entsprechen die Männchen der Beschreibung.

Die beiden alten Weibchen *f* und *g* sind unter einander sehr ähnlich: Rückseite mit Einschluss der Schwung- und oberen Flügel-

deckfedern grau mit deutlichem Purpurscheine, selbst auf dem lockeren Gefieder des Kopfes, das nach der Stirn zu ganz wenig in das Olivenfarbene übergeht. Schwanzfedern purpurglänzend, schwärzlich. Die oberen Schwanzdeckfedern mit einer Spur von Olivenfarbe. Unterseite schmutziggrau, in der Mitte mehr hellgrünlichisabellfarben, an den Seiten mit olivengrünem Anfluge. Kinn und Kehle weisslichgrau. — Im Folgenden gebe ich noch die wichtigsten Maasse mit den biologischen Angaben des Sammlers:

Nr.	Geschlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Datum	Museum-Inv.-Nr.
<i>a</i>	♂	8	1	5,2	2,75	0,85	1,1	21. August 1884	
<i>b</i>	♂	8	1	4,7	2,5	0,85	1,05	4. Septbr. 1884	
<i>c</i>	♂	8	1	4,6	2,45	0,9	1,05	14. „ 1884	
<i>d</i>	♂	8	1,5	4,5	2,3	0,9	1,1	16. „ 1884	
<i>e</i>	♂	8	1	4,7	2,4	0,9	1,05	14. März 1885	
<i>f</i>	♀	7	1	4,4	2,6	0,95	1,1	3. Septbr. 1884	
* <i>g</i>	♀	7	1	4,5	2,1	(def.)	1,05	16. „ 1884	9709
<i>h</i>	♂	8	1	4,75	2,55	0,9	1,1	12. Octbr. 1886	
<i>i</i>	♂	8	1	4,8	2,4	0,95	1,1	1. Novbr. 1886	
<i>k</i>	♂	8	1	4,6	2,45	0,85	1,1	2. „ 1886	
<i>l</i>	♂	8	1	4,9	2,35	0,85	1,1	5 „ 1886	

79. *Dicaeum nehrkorni* W. Blas.

Taf. I, Fig. 1 (oben links) ♂; Fig. 2 ♀.

Wilh. Blasius, Braunschweigische Anzeigen v. 3. März 1886, Nr. 52; id. Russ' Isis 1886, S. 103; Platen, Gef. Welt 1887, S. 206; Meyer und Wiglesworth, Abh. u. Ber. Mus. Dresden 1894/95, Nr. 8, S. 10 (1895); Hartert, Novitates Zoologicae III, 1896, p. 151 u. 152; IV, 1897, p. 155.

Fünf Exemplare, drei Männchen (*a*, 6. August 1884; **b*, 21. August 1884; **c*, 26. August 1884) und zwei Weibchen (**d*, 24. September 1884 und **e* juv., 17. August 1884), übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun“. Schnabel und Füsse bei den drei ♂ „schwarz“, bei den zwei ♀ „braun“ (nur bei dem jungen ♀ *e* „Schnabel orange“). Long. 8,5 (♂), bzw. 7 cm (♀). Diff. 0,5 (♂), bzw. 1 cm (♀).

„*Dicaeum nehrkorni* ist ein in der Art des Metallglanzes, in der Grösse und Schnabelform dem *D. flammeum* verwandter Honigsauger, bei dem aber die rothe Färbung des Männchens auf die Kopfplatte, den Bürzel und einen kleinen Flecken in der Mitte der Brust beschränkt ist und der Leib auf hellem Grunde dunkel längsgestreift erscheint.“

Mit diesen Worten habe ich die neue Art 1886 in dem männlichen Kleide beschrieben. Mir hatten dabei bereits die oben angeführten Exemplare vorgelegen, ohne dass ich allerdings dies ausdrücklich erwähnte. Es war daher nicht ganz richtig, wenn Meyer und Wiglesworth 1895, als sie drei Balge von Rurukan erhielten, erwähnten,

dass die Art nur nach einem einzigen Exemplare bekannt wäre. — In das Museum Rothschild in Tring gelangten sehr bald nachher Exemplare dieser Art von beiden Geschlechtern durch Sammlungen Alfred Everett's, welcher die Art bei Indrulaman 2000 bis 3000 Fuss hoch auf den Vorbergen des Bonthain Peak und auf eben diesem Berge von Süd-Celebes selbst in Hohen von 5000 bis 6000 Fuss angetroffen und erbeutet hatte. Auf Grund dieser Bälge gab Ernst Hartert 1896 (Nov. Zool., p. 151 u. 152) eine kurze Beschreibung von beiden Geschlechtern, wobei er noch einige Punkte, die in meiner Beschreibung des Männchens noch nicht berührt waren, hervorhob, und zwar die geringe Verlängerung der scharlachfarbenen Bürzelfedern, die Aschfarbe der Ohrdeckfedern, des Kinns, der Kehle und der Körperseiten (letztere etwas dunkler), die weisse Farbe der Achselfedern, der verlängerten Federbüschel unter den Flügeln, der unteren Flügel- und Schwanzdeckfedern und des Leibes, welcher einen schwärzlichen Längsstreifen in der Mitte besitzen soll. Hartert's Beschreibungen der anderen Kleider lauten in freier Uebersetzung:

„Altes Weibchen im Brutkleide: Oberseite dunkelaschgrau, am Kopfe verwaschen mit Rothbraun; Bürzel hell scharlachfarben; Flügel und Schwanz schwärzlich; Unterseite weisslich; Seiten von Kopf und Nacken und Körperseiten, sowie eine (oft unregelmässige) Linie langs der Mitte des Leibes aschfarbig; Achselfedern, untere Flügel- und Schwanzdeckfedern weiss.

Das junge Männchen ähnelt dem Weibchen, scheint jedoch oberseits dunkler und hat in sehr jugendlichem Alter keine Scharlachfarbe auf dem Bürzel.“

Ich kann diesen Beschreibungen im Allgemeinen nach den mir vorliegenden Exemplaren zustimmen; nur ist bei meinen männlichen Exemplaren der Leib nicht weiss mit einem schwärzlichen Längsstreifen in der Mitte, sondern weisslich mit vielen neben und hinter einander liegenden kleinen schwärzlichen oder braunen Längsstreifen versehen; die oberen Schwanzdeckfedern sind gleichfalls scharlachroth; die schwarze Oberseite des Körpers einschliesslich des Schwanzes hat einen stahlblauen Glanz; Nacken, sowie Hals- und Kopfseiten matt braunschwarz ohne Metallglanz; Schwungfedern oberseits dunkelbraun, unterseits hellgraubraun mit isabellfarbenem Rande der Innenfahne, Kinn und Kehle und Brust mit Ausnahme des kleinen scharlachrothen Fleckens mehr braungrau; untere Schwanzdeckfedern in der verdeckten Grundhälfte braungrau, in der sichtbaren Endhälfte schmutzigweiss. Schwanzfedern unterseits einfarbig dunkelbraunschwarz ohne deutlichen Metallglanz; und bei dem Weibchen, das einen etwas kürzeren und gedrungeneren und an der Basis des Unterschnabels heller gefärbten Schnabel besitzt, ist die Oberseite mehr braun mit wenig stahlblauem Scheine auf den kleinsten oberen Flügeldeckfedern, ferner der roth-

bräunliche Anflug auf dem Kopfe nur ein sehr geringer und mehr ins Olivenfarbene gehend, und ein ähnlicher Anflug findet sich auch in der Umgebung des kleinen scharlachrothen Fleckens auf dem Bürzel; auch die ziemlich breite aschfarbene Zeichnung in der Mitte des Leibes und der keine Spur eines rothen Fleckens zeigenden Brust, sowie die unteren Schwanzdeckfedern haben einen Anflug von Olivenfarbe; Kinn und Kehle weisslichgrau; am Flügelbug sind weisse Federn sichtbar.

Aus dieser Beschreibung ergibt sich, dass bei dieser neuen Art die Vertheilung des Roth, besonders auf der Oberseite des Körpers, sowohl an *D. rubrocoronatum* Sharpe und *pulchrius* Sharpe erinnert, die sich aber durch die etwas beträchtlichere Grösse bei kürzerem Schnabel hauptsächlich durch die olivengrüne und gelbliche Färbung der Unterseite davon unterscheiden (vergl. Cat. Birds Brit. Mus. Vol. X, Pl. 1), als auch an *Dicaeum maforense* Salvad., *mysorense* Salvad. und *jobiense* Salvad. bzw. *geelvinkianum* Meyer, die sich aber besonders durch die olivengrüne Gesamtfärbung der Oberseite und, wie es scheint, auch durch etwas bedeutendere Grösse bei kürzerem Schnabel unterscheiden. Die gestreifte Unterseite erinnert an *D. chrysorrhoeum* Temm.

Nach der Schnabelform (vergl. Sharpe's rechte Figur auf p. 10 im Cat. Birds Brit. Mus. X) mochte ich die neue Art dicht neben *D. flammeum* (Sparrm.) stellen, von welcher sie sich eigentlich nur durch die geringere Ausdehnung der rothen Farbe oberseits und unterseits und durch die Annahme einer gestreiften Unterseite des Leibes unterscheidet. — Eine nahe Verwandtschaft mit *D. celebicum* besteht nicht. Die Unterschiede liegen in der ganz anderen Schnabelform, in der anderen Vertheilung des Roth, in dem anderen Metallganz des dunklen Gefieders, in der gestreiften Zeichnung des Leibes u. s. w.

Das ♂ *b* besitzt das Kleid eines fast ausgefarbten Männchens und repräsentirt so ein Entwicklungsstadium, welches noch nicht beschrieben ist: Das ganze Färbungsprincip ist schon dasjenige des alten Männchens, nur ist die rothe Färbung auf Kopf und Bürzel räumlich weniger ausgedehnt und auf dem Kopfe auch weniger intensiv; der Nacken und die Seiten des Kopfes und Halses sind nicht braunschwarz, sondern nur rauchbraun.

Das junge Weibchen (*e*) ist in einem Kleide, welches ebenfalls noch nicht beschrieben ist: Oberseite einfarbig braun, olivenfarben überflogen, die Olivenfarbe an dem Bürzel und an den Rändern der Mittelschwingen intensiver. Schwanzfedern wie beim alten Weibchen schwärzlich; ebenso Achselfedern und untere Flügeldeckfedern und einige Federn am Flügelbug wie beim alten Weibchen weisslich; aber Kinn und Kehle wie die unteren Schwanzdeckfedern grau mit olivenfarbenem Anflug; Brust, Leib und Körperseiten schmutzolivengrün, in der Mitte des Hinterleibes heller. — Ich hatte dieses Individuum

anfangs zu *Dicaeum celebicum* gestellt, doch die Schnabelform und der olivenfarbige Anflug auf dem Bürzel und das vollständige Fehlen des purpurnen Metallglanzes, welcher bei den Weibchen von *D. celebicum* schon sehr früh auftritt, haben mir die Ueberzeugung gegeben, dass dies Exemplar als sehr junges Weibchen von *Dicaeum nehrkorni* aufzufassen ist.

Im Folgenden gebe ich noch eine Maasstabelle der fünf typischen Exemplare:

Nr.	Geschlecht	Long. tot. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Rictus cm	Tarsus cm	Mus.-Inv.- Nr.
<i>a</i>	♂ ad.	8,8	4,7	2,35	0,95	1,15	1,1	
* <i>b</i>	♂ jun.	8,0	4,65	2,3	0,95	1,12	1,05	9711
* <i>c</i>	♂ ad.	7,9	4,90	2,55	1,02	1,17	1,15	9712
* <i>d</i>	♀	7,6	4,6	2,2	0,82	1,1	1,1	9713
* <i>e</i>	♀ juv.	7,8	4,45	2,3	0,8	1,1	1,15	9710

In der beigegebenen Tafel sind nach einem Aquarell von J. G. Keulemans das ♂ *c* Nr. 9712 und das ♀ *d* Nr. 9713 in natürlicher Grösse zur Abbildung gelangt.

80. *Acmonorhynchus aureolimbatus* (Wall.).

Prionochilus aureolimbatus Wallace, Proc. Zool. Soc. 1865, p. 477, pl. 29;
Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. X, p. 70 (1885).

Zwei Exemplare, ein Pärchen (*a* und *b*), gehörten der 1. Sendung an, und in der 2. Sendung befand sich noch ein fragliches junges Weibchen (*c*), das sich durch geringere Grosse (Ala 5,1 cm, Cauda 2,6 cm, Culmen 0,8 cm, Tarsus 1,2 cm) und mattere Färbung auszeichnet. Bei allen ist die „Iris braun“, bei *a* und *c* „Schnabel und Füsse schwarz“ (daneben bei *c* „Unterschnabel gelb“), bei dem alten Weibchen *b* dagegen „Schnabel blaugrau, Füsse braun“ bezeichnet.

a) ♂ L. 9 cm; D. 1 cm. 6. August 1884

b) ♀ „ 9 „ „ 1,5 „ 17. „ 1884 (Mus.-Inv.-Nr. 9714).

c) ♀ juv.? „ 8 „ „ 1 „ 1. Novemb. 1886.

Mit Recht hat E. Hartert (Novitates Zoologicae III, 1896, p. 151) darauf aufmerksam gemacht, dass die vorliegende Art generisch von *Prionochilus* getrennt werden muss, weil dieselbe keine verkürzte erste Schwungfeder besitzt, was den bisherigen Forschern entgangen zu sein scheint, und hat den vorgeschlagenen Gattungsnamen *Acmonorhynchus* dafür angenommen. Diese Gattung würde im System neben *Dicaeum* gestellt werden müssen, welcher Gattung auch die Bastardschwungfeder fehlt. — Wie zu erwarten war, besitzt die auf den Sanghir-Inseln vorkommende Repräsentativform von *aureolimbatus*: *sanghirensis* Salvad., wie ich an vier dem Braunschweiger Museum gehörenden Exemplaren feststellen kann, ebenfalls keine Bastardschwungfeder und würde deshalb auch zu *Acmonorhynchus* zu stellen sein.

Fam.: MELIPHAGIDAE.

81. *Myzomela chloroptera* Wald.

Walden, Ann a. Mag Nat Hist 1872, IX, p 299; Gadow, Cat Birds Brit. Mus. IX, p 132 (1884)

Zwölf Exemplare (σ ad., *a*, 2. August; *b*, 14. August; **c*, 1. September; *d*, 4. September; *e*, 14. September 1884; — σ juv. *f*, 8. September; *g*, 12. September; *h*, 24. September 1884; — φ , **i*, 14. August; *k*, 21. August, *l*, 31. August; *m*, 3. September 1884), alle bezeichnet: „Iris braun. Füße grau. Long. 10 cm. Diff. 2 cm.“ Die alten Männchen *a* bis *e*: „Schnabel schwarz“, die jungen Männchen (*f* bis *h*) und die Weibchen (*i* bis *m*): „Schnabel dunkelbraun“.

Die Männchen *a* bis *e* sind vollständig ausgefärbt und unter einander übereinstimmend; die Bälge *h* und *k* haben mehrere Millimeter weit eine deutliche Rothfärbung an den Spitzen der Stirnfedern und ebenso eine zarte Rothfärbung an den Kopfseiten und dem Kinn; bei *f*, *i* und *m* ist nur die letztere Färbung, nicht aber eine ausgedehntere Rothfärbung der Stirn zu sehen, obgleich auch hier eine Spur solcher auf kurze Strecke deutlich vorhanden ist; bei *g* und *l* endlich fehlt diese letztere fast vollständig, und die Kopfseiten und das Kinn sind nur sehr schwach roth gefärbt. Bei den letzteren beiden Bälgen ist auch der Farbenton des Rückens ein hellbrauner und der rothliche Hauch darüber fehlt vollständig. Die wichtigsten Maasse sind folgende:

M. chloroptera	σ								φ			
	<i>a</i>	<i>b</i>	* <i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	* <i>i</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>m</i>
Ala. cm	5,45	5,5	5,5	5,65	5,4	5,15	5,25	5,2	5,45	5,5	5,05	5,3
Cauda cm	3,7	3,6	3,75	3,75	3,6	3,1	3,5	3,0	3,4	3,65	3,3	3,6
Culmen cm	1,5	1,4	1,4	1,45	1,45	1,45	1,4	1,5	1,3	1,3	1,35	1,35
Tarsus cm	1,4	1,4	1,45	1,5	1,4	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Mus.-Inv.-Nr.			9715						9716			

82. *Zosterops atrifrons* Wall.

Wallace, Proc. Zool. Soc. 1863, p. 493, Gadow, Cat. Birds Brit. Mus IX, p. 176 (1884); Platen, Gef. Welt 1887, S. 206.

Zehn Exemplare (σ **a* und *b*, 15. August; *c* und *d*, 17. August; *e* und *f*, 19. August 1884; — φ *g* und *h*, 17. August, *i*, 19. August; **k*, 20. August 1884), alle bezeichnet: „Schnabel schwarz“. Die Männchen sämmtlich: „Iris hellbraun. Fusse bleigrau. Long. 10,5 cm. Diff. 2,5 cm.“ Die Weibchen ebenso, nur: „Iris braun. Fusse hellgrau.“

a hat den Vorderkopf noch schwarz und olivengrün gemischt und Kehle und Kinn sowie die unteren Schwanzdeckfedern nicht so intensiv gelb, als die ubrigen und ist daher wohl als ein junger Vogel

zu betrachten. Alle anderen Exemplare sind in der Färbung gleich oder unterscheiden sich nur wenig in der Intensität der Schwarzfärbung an der Stirn und der Gelbfärbung an den unteren Schwanzdeckfedern. — Diese kleinen Unterschiede scheinen höchstens durch das Alter, nicht aber durch das Geschlecht bedingt zu sein. Auch die Schnabel variieren in der Länge einigermaßen ohne Rücksicht auf das Geschlecht. Die folgende Tabelle giebt die Maasse von Flügel und Schwanz:

Z. atrifrons	♂						♀			
	*a	b	c	d	e	f	g	h	i	*k
Ala. cm	5,1	5,3	5,25	5,4	5,4	5,35	5,45	5,4	5,45	5,35
Cauda cm	3,5	3,85	3,85	3,65	3,8	3,8	3,6	3,7	3,8	3,8
Mus.-Inv.-Nr.	9717									9718

Meyer und Wiglesworth haben nach Exemplaren vom Klabat-Berge über Rurukan eine gelbstirnige Art *Zosterops sarasinorum* unterschieden, die sonst der vorliegenden sehr nahe stehen soll (Journ. für Ornith. 1894, S. 114), während Hartert dieselbe für eine Unterart von *Z. citrinella* erklärt (Novitat. Zoologic. IV, 1897, p. 157). Beide Arten sollen sich in ihrem Verbreitungsgebiete berühren. Die von Platen eingesandten Exemplare sind sämtlich typische Exemplare von *atrifrons*.

Fam.: PLOCEIDAE.

83. *Munia molucca propinqua* (Sharpe).

Loxia molucca Linne, Syst. Nat. I, p. 302 (1766).

Uroloncha molucca subsp. propinqua Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XIII, p. 368 (1890).

Munia molucca Platen, Gef. Welt 1887, S. 205.

In der 2. Sendung befand sich ein Pärchen dieser Art, übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel oben schwarz. Schnabel unten und Füße blaugrau. 4. Mai 1886“.

a) ♂ L. 10 cm; D. 2,6 cm.

b) ♀ „ 10,8 „ „ 3 „ (hierzu Eier).

Beide Individuen scheinen alt und ausgefärbt zu sein. Ein Geschlechtsunterschied ist nicht bemerkbar. — In der subspezifischen Abtrennung der Flores-Form, welcher sich die Celebes-Vogel annähern sollen, folge ich Sharpe, ohne jedoch ein eigenes Urtheil dabei zum Ausdruck bringen zu können.

84. *Munia brunneiceps* Wald.

Walden, Transact. Zool. Soc. VIII, p. 73, pl. IX, Fig. 1 (1872); Platen, Gef. Welt 1887, S. 205.

Munia formosana brunneiceps Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XIII, p. 338 (1890).

Zwei Exemplare (*a* ♀; **b* ♂ juv.), beide gleichmässig bezeichnet: „Iris braun. Schnabel blaugrau. Füsse grau“ (beim alten Weibchen „bleigrau“).

Das Weibchen *a* ist offenbar alt. Es stimmt in der Färbung im Allgemeinen fast genau mit dem früher besprochenen Riedel'schen Balge *A* (vergl. meinen I. Beitrag, S. 293) überein, nur ist der dunkle Farbenton am Kopfe etwas heller, mehr braun als schwärzlich, und der schwarze Leib ist von der schwarzen Brust durch eine etwa 1½ cm breite kastanienbraune Partie getrennt; der rothe Farbenton auf der Oberseite der Schwanzfedern ist gar nicht entwickelt. Es dürften dies vielleicht Geschlechtsunterschiede sein. Das als „♂ juv.“ bezeichnete Individuum befindet sich in einem scheckigen Uebergangskleide: Am Rücken ist Rothbraun und Graubraun gemischt, ebenso am Leibe und an den Schwungfedern. Alle Stellen in der vorderen Körperhälfte, die sich später dunkel zu färben haben, sind braungrau oder hellbraun, und an der Kehle, am Kinn und an der Brust sind einige schwärzliche Federn durchgebrochen, ebenso auf dem Kopfe, während am Nacken und Vorderrücken die schwarze Färbung schon zusammenhängend eine grössere Ausdehnung erhalten hat. Der Schwanz ist wie bei dem Weibchen gefarbt. — Ich gebe zur Vergleichung noch einige Maasse und verbinde damit die von dem Sammler gegebenen Daten:

Nr.	Ge- schlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Datum	Mus.-Inv.- Nr.
<i>a</i>	♀	10	2	5,2	3,5	1,1	1,55	9. Juni 1884	
* <i>b</i>	♂ juv.	9,5	1,5	5,1	3,05	c. 1,1	1,6	17. Dec. 1884	9719

Es ist wohl noch nicht vollständig aufgeklärt, ob man diese Form als eine selbständige Art auffassen soll, oder als eine Unterart von *formosana* Swinhoe, wie es sowohl Sharpe als auch Meyer und Wiglesworth thun, oder ob gar die sämtlichen fünf Formen, deren Bestimmungsschlüssel ich (l. c., p. 294) nach Salvadori wiedergegeben habe, unter dem ältesten Artnamen *atricapilla* Vieillot zu vereinigen sind.

Fam.: CORVIDAE.

85. *Corvus enca* (Horsf.).

Fregilus enca Horsfield, Transact. Linn. Soc. XIII, p. 164 (1822).

Corone enca Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. III, p. 43 (1877); Platen, Gef. Welt 1887, S. 205.

Zwei Exemplare (*a* ♂, 17. September 1884; *b* ♀, 28 October 1884) gehörten der 1. Sendung an; dazu kamen in der 2. Sendung noch zwei Stücke (*c* ♂, 3. Mai 1886; *d* ♀, 1. Mai 1886), sammtlich übereinstimmend bezeichnet: „Iris nussbraun. Long. 36 cm. Diff. 1,5 cm.

Schnabel und Füsse schwarz.“ Dieselben zeigen sich in der Grösse der Schnäbel, Flügel etc. als in der Weise von einander abweichende Exemplare, dass die Weibchen in fast allen diesen Maassen kleiner als die Männchen sind, wodurch der von mir in meinem ersten Beitrage (S. 295) angedeutete Geschlechtsunterschied seine Bestätigung erhält; es scheinen jedoch die Grössenverschiedenheiten sich der Art verwischen zu können, dass verhältnissmässig grosse Weibchen nicht hinter kleinen Männchen an Grösse zurückstehen, wie aus der folgenden Maasstabelle zu ersehen ist:

Nr.	Geschlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm
<i>a</i>	♂	29,2	14,9	5,6
<i>b</i>	♀	26,8	13,8	5,0
<i>c</i>	♂	29,2	15,3	5,15
<i>d</i>	♀	28,0	15,1	5,0

Fam.: STURNIDAE.

86. *Streptocitta torquata* (Temm.).

Garrula torquata Temminck, Pl. Col. II, pl. 444 (1828).

Streptocitta torquata Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XIII, p. 152 (1890)
Platen, Gef. Welt 1887, S. 205.

Sechs Exemplare, alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun-Schnabel, Augenring und Füsse schwarz“.

<i>a</i>)	♂	L. 49 cm;	D. 24 cm.	24. Mai	1884
<i>b</i>)	♂	„ 48 „	„ 24 „	28. Jul	„
<i>c</i>)	♂	„ 48 „	„ 23 „	30. October	„
<i>d</i>)	♀	„ 48 „	„ 24 „	19. Juni	„
<i>e</i>)	♀	„ 48 „	„ 24 „	23. October	„
<i>f</i>)	♀	„ 48 „	„ 24 „	21. April	1886

Das Weibchen *f* hat den kürzesten Schwanz (26,1 cm), es folgen in der Schwanzlänge dann das Männchen *b* (27 cm), *d*, *c*, *e* und *a*, letzteres mit der grössten Länge von 30,7 cm. Alles sind ausgefärbte Vögel; der Metallganz des Gefieders ist bei allen, der Regel entsprechend, stahlblau und nicht grünlich. Die vierte Schwinge ist bei allen denjenigen Balgen, die wohl erhaltene Schwungfedern haben, die längste, die dritte ist aber der vierten fast gleich. Die Entfernung vom vorderen Rande des Nasenloches bis zur Schnabelspitze schwankt bei den vorliegenden sechs Exemplaren zwischen 1,8 und 2,0 cm; es ist dies eine Bestätigung des in meinen beiden ersten Beiträgen (I, S. 298, II, S. 118) dargelegten Unterschiedes von *S. albicollis*. Geschlechtsunterschiede sind nicht bemerkbar.

87. Basilornis celebensis G. R. Gray.

G. R. Gray, Proc. Zool. Soc. 1861, p. 185, Fig. 2; Platen, Gef. Welt 1887, S. 205.

Basileornis celebensis Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XIII, p. 95 (1890).

16 Bälge, alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel graugrün (nur bei *k* und *q* horngraugrün). Augenring schwarz. Füsse hellgelb.“

a) ♂	L. 23 cm;	D 5 cm.	19. August	1884
b) ♂	„ 24 „	„ 5 „	14. September	„
c) ♂	„ 24 „	„ 5 „	2. October	„
d) ♂	„ 23 „	„ 4 „	2. „	„
e) ♂	„ 24 „	„ 5 „	12. „	„
f) ♂	„ 24 „	„ 5 „	15. „	„
g) ♂	„ 23 „	„ 4 „	12. December	„
h) ♂	„ 23 „	„ 4 „	22. „	„
i) ♂	„ 24 „	„ 5 „	28 „	„
k) ♂ juv.	„ 23 „	„ 5 „	30 September	„
l) ♀	„ 24 „	„ 5 „	13. August	„
m) ♀	„ 24 „	„ 5 „	19. „	„
n) ♀	„ 24 „	„ 5 „	11. September	„
o) ♀	„ 23 „	„ 4 „	2. October	„
p) ♀	„ 24 „	„ 5 „	28. December	„
q) ♂ juv.	„ 24 „	„ 4,5 „	26. April	1886

Die jungen Vogel *k* und *q* befinden sich ungefähr auf dem Standpunkte des auf Seite 299 meines ersten Beitrages abgebildeten Vogels Nr. 6669; nur sind die Farben des Kopfes schon weiter entwickelt. Alle anderen Exemplare sind ausgefärbt. Meine früheren Darlegungen über den Geschlechtsunterschied werden insofern bestätigt, als die grössere Entwicklung der Haube für das männliche Geschlecht charakteristisch ist, müssen aber in der Weise modificirt werden, dass man doch nicht das frei bleibende Ende des Schnabels zur Unterscheidung verwenden kann: unter Umständen entwickelt sich nämlich bei dem Männchen der Schnabel zu bedeutenderer Grösse, so dass dann trotz stärkerer Entwicklung der Haube ein grosseres Stück oder ebensoviel wie bei dem Weibchen unbedeckt bleibt. Viele Männchen überragen die Weibchen übrigens auch an Flügelänge, obgleich eine scharfe Grenze hier nicht zu ziehen ist.

88. Enodes erythrophrys (Temm.).

Lamprotornis erythrophrys Temminck, Pl. Col. II, pl. 267 (1824).

Enodes erythrophrys Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XIII, p. 192 (1890).

Zwölf Exemplare, übereinstimmend bezeichnet: „Iris nussbraun. Schnabel schwarz. Füsse hellgelb.“

a) ♂	L. 27 cm;	D. 10 cm.	24. Mai	1884
b) ♂	„ 27 „	„ 10 „	31. „	„
c) ♂	„ 27 „	„ 9 „	14 Juni	„
d) ♂	„ 27 „	„ 9,5 „	27. Juli	„

e) ♂	L. 27 cm;	D. 10 cm.	17. August	1884
f) ♂	" 27 "	" 10 "	19. "	"
g) ♂	" 27 "	" 9,5 "	14. October	"
h) ♂	" 28 "	" 9 "	3. März	1886
i) ♀	" 24 "	" 8 "	1. Juni	1884
k) ♀	" 24 "	" 8 "	11. "	"
l) ♀	" 24 "	" 8 "	14. "	"
m) ♀	" 24 "	" 8 "	15. "	"
n) ♀	" 24 "	" 8 "	15. August	"
o) ♀	" (?) "	" (?) "	3. März	1886

In der Färbung bestehen nur kleine Differenzen. Die Weibchen scheinen im Allgemeinen kleiner als die Männchen, wie folgende Tabelle lehren dürfte:

E. erythro- phrys	♂									♀						
	Brussel	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o	6670
Ala . . cm	11,8	11,6	11,3	11,3	11,6	11,1	11,6	11,6	11,6	10,8	10,7	10,6	10,7	10,5	10,3	10,5
Cauda . cm	11,7	12,3	11,8	11,9	11,7	11,7	12,3	11,8	12,3	11,3	10,9	10,7	10,9	11,2	10,1	9,9

Jüngere Individuen scheinen sich durch eine geringere Ausdehnung des rothen Supraciliarstreifens auszuzeichnen. Bei dem offenbar jungen ♀ o ist derselbe sehr viel geringer entwickelt.

89. *Calornis neglecta* Wald.

Walden, Transact. Zool. Soc. VIII, p. 79 (1872).

Calornis chalybaea neglecta Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XIII, p. 148 (1890).

Zwei Exemplare (*a* ♂, 24. Juni 1884 und *b* ♀, 3. März 1886), beide übereinstimmend bezeichnet: „Iris blutroth. Long. 22 cm. Diff. 4,5 cm. Schnabel und Fusse schwarz.“

Es ist bemerkenswerth, dass das alte Männchen (*a*) in dem Metallglanze der Oberseite etwas von den Exemplaren des Braunschweiger Museums abweicht, besonders mit Riedel's Balge *A* verglichen (vergl. meinen II. Beitrag, S. 124). Während bei letzterem der Glanz ein fast einförmig grüner ist, sind die einzelnen Federn des vorliegenden Balges zwar auch hauptsächlich grün glänzend, aber in der Mitte oder an den Spitzen der einzelnen Federn finden sich auf dem Rücken stahlblau glänzende rundliche Flecken, die sich an Vorderrücken, Nacken und Oberkopf in stahlbläuliche Schaftstriche verwandeln.

Auch das Weibchen (*b*) hat die oben beschriebenen Eigenthümlichkeiten des Metallglanzes, der übrigens in der Gesamtwirkung mehr grünlich erscheint. Von Meyer und Wiglesworth wird die Celebes-Form mit der Philippinen-Form *panayensis* vereinigt und mit letzterem Namen bezeichnet. Sharpe stellt beide Formen als verschiedene Unterarten zu *chalybaea*. Wenn ich oben noch den Walden'schen Namen anwende, so geschieht dies, weil ich mich von der Noth-

wendigkeit der Vereinigung mit den genannten anderen Formen noch nicht habe überzeugen können, obgleich grosse Aehnlichkeiten bestehen.

Ich gebe noch die wichtigsten Maasse:

Nr.	Ge- schlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Rictus cm	Tarsus cm
<i>a</i>	♂	10,6	7,7	1,95	2,6	2,0
<i>b</i>	♀	10,9	7,9	2,0	2,9	2,4

90. *Scissirostrum dubium* (Lath.).

Lanius dubius Latham, Ind. Ornith. Suppl. II, p. XVIII (1801).

Scissirostrum dubium Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XIII, p. 193 (1890);
Platen, Gef. Welt 1887, S. 205.

15 Bälge, alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel und Füsse gelb. Die ersten elf (*a* bis *l*) sind am 11. Juni 1884 erlegt, nur *h* einen Tag früher; *m* am 14. Juni 1884, *n* am 5. April 1886, endlich *o* und *p* am 26. Februar 1886. Die folgende Tabelle enthält die vom Sammler von den frisch erlegten Vögeln genommenen Maasse:

Scissirostrum dubium	<i>a</i> ♂	<i>b</i> ♂	<i>c</i> ♂	<i>d</i> ♂	<i>e</i> ♂	<i>f</i> ♂	<i>g</i> ♂	<i>h</i> ♂ juv.	<i>i</i> ♂ juv.	<i>k</i> ♀	<i>l</i> ♀	<i>m</i> ♀	<i>n</i> ♂	<i>o</i> ♀	<i>p</i> ♀
Long. . . . cm	19	19	19	20	19	20	19	17	20	19	19	20	20	20	20
Diff. cm	5	5	5	6	6	6	5	4	5	5	5	6	6	5,5	5

Die beiden als jung bezeichneten Männchen *h* und *i* ähneln einigermaassen den von mir früher erwähnten jugendlichen Bälgen des Braunschweiger Museums, nur ist *h* etwas jünger, *i* etwas älter als diese, wenigstens nach der Stärke des Schnabels zu schliessen.

Eine Verschiedenheit der Geschlechter in der Färbung und Grösse ist nicht zu erkennen. Doch ist der Schnabel bei den alten Männchen grösser, länger und breiter, als bei den drei Weibchen. Die Firste misst beim Weibchen *m* 2,0 cm, bei *o* und *p* 1,9 cm, bei *k* und *l* dagegen viel weniger, bei den Männchen *a*, *g* und *n* ebenfalls etwa 2 cm, bei allen übrigen alten Männchen dagegen mehr.

V. COLUMBAE.

Fam.: TRERONIDAE.

91. *Osmotreron griseicauda wallacei* Salvad.

Treton griseicauda G. R. Gray, List Birds Brit. Mus. Columbae, p. 10 (1856)
(partim).

Osmotreron wallacei Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 42 (1893).

Acht Exemplare, sieben Männchen (*a* bis *g*) und ein Weibchen (*h*), alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris gelb. Schnabel und Augerring gelbgrün. Füsse kirschroth.“

a) ♂	L. 28 cm;	D. 6 cm.	15. Juli 1884
b) ♂	" 27 "	" 6 "	17. " "
c) ♂	" 27 "	" 6 "	21. " "
d) ♂	" 28 "	" 6 "	24. " "
e) ♂	" 27 "	" 6 "	29. Oct. "
f) ♂	" 27 "	" 5,5 "	29. April 1886
g) ♂	" 27 "	" 6 "	10. Mai 1886
h) ♀	" 28 "	" 6 "	10. März 1886

Alle sieben männlichen Individuen im charakteristischen Kleide alter Männchen. Bei *d* und *e* ist die rothe Färbung des Rückens etwas stärker, als bei den anderen.

Beim Weibchen *h* sind die Ränder der oberen Flügeldeckfedern von rein weisser Grundfarbe, die nur an einigen kleinen Stellen in Gelb übergeht.

Eine wirkliche Artberechtigung, wie Salvadori will, glaube ich den Exemplaren von Celebes und den Sula-Inseln nicht zugestehen zu sollen; dagegen lassen sie sich wegen der bedeutenderen Grösse und prächtigeren Färbung wohl subspezifisch abtrennen.

Ernst Hartert folgt in der spezifischen Abtrennung Salvadori (Novit. Zool. III. 1896, p. 163) und scheidet dann noch von *O. wallacei* die Unterart *pallidior* von Djampea und Kalao, und ist endlich auch noch geneigt, *sanghirensis* als Unterart zu derselben Form zu stellen (ebenda p. 179).

92. *Ptilopus melanospilus* (Salvad.).

Jotreron melanospila Salvadori, Ann Mus. Civ. Gen. VII, p. 671 (1875).

Ptilopus melanospilus Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 144 (1893).

15 Exemplare von beiden Geschlechtern. Auf allen Etiketten wiederholt sich die Bezeichnung: „Iris gelbgrün. Augenring gelbgrün. Füsse kirschroth.“ Der Schnabel ist bei allen Männchen und dem Weibchen *l* als „gelbgrün“, bei allen anderen Weibchen als „schwarzgrün“ bezeichnet.

a) ♂	L. 22 cm;	D. 5 cm	11 August 1884	
b) ♂	" 22 "	" 6 "	11. " "	
c) ♂	" 21 "	" 5 "	11. " "	
d) ♂	" 22 "	" 6 "	19. " "	
e) ♂	" 21 "	" 5,5 "	19. " "	
f) ♂	" 21 "	" 5 "	24. " "	
g) ♂	" 21 "	" 5 "	14. Septbr. "	
h) ♀	" 22 "	" 6 "	19. August "	
i) ♀	" 21 "	" 5 "	14. Septbr. "	
k) ♀	" 21 "	" 5 "	24. " "	Hierzu ein Ei.
l) ♀	" 22 "	" 6 "	28. Januar 1885	Mus.-Inv.-Nr. 9721
m) ♀	" 22 "	" 6 "	10. April "	
n) ♂	" 21 "	" 5 "	8. " 1886	
o) ♂	" 21 "	" 5 "	1. Mai "	
p) ♂	" 22 "	" 6 "	4. " "	

Sämmtliche Männchen sind ausgefärbt; die offenbar ebenfalls ausgefärbten Weibchen besitzen alle dasjenige hauptsächlich grüne Kleid,

welches ich schon im ersten Theile meiner Beiträge glaubte als das Kleid der alten Weibchen ansprechen zu sollen. Sämmtliche Weibchen haben einen einfarbig dunklen Schnabel und offenbar im Durchschnitt eine etwas geringere Grösse, als die mit weisslicher Schnabelspitze versehenen Männchen. Da das grösste Männchen *d* eine Flügelänge von nur 11,6 cm besitzt, die anderen eine solche von 11,2 bis bis 11,5 cm, so gehört kein Exemplar der grösseren Form *P. xanthorrhous* an, welche mit Sicherheit bis jetzt allein auf den Sanghir-Inseln im weiteren Sinne des Wortes beobachtet ist, und deren Vorkommen in Nord-Celebes höchst zweifelhaft geworden ist. Da nach den von mir ausgeführten Messungen von 29 Exemplaren von *P. xanthorrhous* der Sanghir-Inseln die Flügellänge dieser Art zwischen 12,8 und 14,0 cm schwankt (vergl. W. Blasius, Ornith. IV, 1888, S. 614), dürfte das Fehlen dieser Art unter den neuen Platen'schen Sammlungen festgestellt sein.

93. *Ptilopus temmincki* (Des Murs u. Prév.).

Kurukuru temmincki Des Murs u. Prévost Voy. Vénus, Zool., p. 236 u. 268 (♀) (ex Prévost) (1855?).

Ptilopus temmincki Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 115 (1893).

Sechs Bälge, vier Männchen (*a* bis *d*) und zwei Weibchen (**e* und *f*), alle bezeichnet: „Iris gelb. Schnabel blaugrün. Füsse hellroth.“

Alles früher Erwähnte wird durch das vorliegende Material bestätigt. Die vier Männchen stimmen in ihrer Zeichnung mit der in meinem I. Beiträge (S. 302 u. 203, Taf. XIV) gegebenen Abbildung gut überein, nur ist die kupferrothe Färbung vom Nacken her mehr nach vorn auf die Brust ausgedehnt; das Weibchen *e* befindet sich in dem charakteristischen, hauptsächlich grünen Kleide mit violetter, hinten blau berandeter Kopfplatte; das offenbar jugendliche Weibchen *f* hat keine blaue Berandung der noch wenig entwickelten violetten Kopfplatte. Beide Weibchen besitzen eine dunkelhornbraune Schnabelspitze, nicht so hell wie die Männchen. Die wichtigsten Maasse unter Beifügung der Daten des Sammlers sind folgende:

Nr.	Geschlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Datum	Museum-Inv.-Nr.
<i>a</i>	♂	24	5	13,7	9,1	1,3	17. August 1884	9720
<i>b</i>	♂	22	4	13,5	8,6	1,4	8. Octbr. „	
<i>c</i>	♂	23	4,5	13,3	8,3	1,55	29. Decbr. „	
<i>d</i>	♂	24	5	13,3	8,9	1,45	17. Januar 1885	
* <i>e</i>	♀	21	4	12,6	8,6	1,35	14. August 1884	
<i>f</i>	♀	22	4,5	13,6	9,3	1,35	15. Januar 1835	

94. *Leucotreron fischeri* (Brüggem.).

Ptilinopus fischeri Brüggemann, Abh. Nat. Ver. Bremen V, p. 82, Taf. IV (1876).

Ptilopus fischeri Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 74 (1893) (Platen's Exemplare bespr.).

Leucotreron fischeri Meyer u. Wigglesworth, Ornitholog. Monatsberichte I, 1893, S. 12 und 13 (Platen's Exemplare bespr.).

Acht Exemplare, sechs Männchen (*a*, *b*, **c* bis *f*) und zwei Weibchen (**g* und **h*), alle mit Ausnahme eines jungen Weibchens (*h*) übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel grünlich. Spitze gelb. Füße kirschroth“; bei *h* dagegen: „Iris graubraun. Schnabel grünlich. Füße grau.“

Brüggemann beschrieb die Art 1876 nach einem einzigen Exemplare von Menado, Nord-Celebes. — Später sind, wie A. B. Meyer berichtet (Ibis 1879, p. 135) und später näher erläutert (Ibis 1881, p. 170, nicht p. 120, wie Salvadori citirt, und Ornith. Monatsber. I, S. 12, 1893), mehrere Exemplare aus Süd-Celebes durch J. E. Teijsmann in das Leydener Museum und ein Stück davon 1878 auch in das Dresdener Museum gekommen, und Gould hat die Art inzwischen nach diesem Stücke des Dresdener Museums abgebildet [(Birds New Guin. pt. XI, pl. 4 (1880)]. Diese Vögel von Süd-Celebes haben Meyer und Wigglesworth 1893 (l. c. S. 12 und 13) als *Leucotreron fischeri meridionalis* subspezifisch abgetrennt, und Salvadori geht sogar so weit, *meridionalis* als Art zu unterscheiden (l. c. p. 74), worin ihm Ernst Hartert folgt (Novitat. Zoologicae III, 1896, p. 163). Von der Hauptform *fischeri* aus Nord-Celebes scheinen vor Platen's Sammelthätigkeit keine neuen Exemplare wieder in der Literatur erwähnt zu sein, so dass die Möglichkeit der Vergleichung von acht Exemplaren von hoher wissenschaftlicher Bedeutung ist. — Mit Ausnahme des einen jugendlichen Weibchens *h*, das auffallende Färbungsverschiedenheiten aufweist, sind die vorliegenden Stücke alle einander sehr ähnlich. Das eine alte Weibchen *g* unterscheidet sich von den Männchen durch einen weniger rein weisslichgrauen, vielmehr mit Gelb vermischten Farbenton des Oberkopfes (von den Männchen haben *f* und *d* am wenigsten, *b* am meisten Gelb dem Hellgrau des Kopfes beigemischt), — durch eine geringere Ausdehnung des Grau am Vorderrücken hinter dem schwarzen Nackenbande, so dass wenigstens in der Mitte das letztere direct an das Grün des Rückens grenzt, obgleich auch hierin die Männchen unter einander individuelle Schwankungen aufweisen, — durch ein reineres Grün des Rückens, während bei den Männchen das Grün des Rückens bald mehr grau, bald mehr bronzefarbig, bald mehr gelblich überflogen ist, u. s. w. Es sind dies aber lauter kleine Unterschiede, die vielleicht nicht einmal vom Geschlechte abhängig sind. — Die Brüggemann'sche Abbildung (l. c. Taf. IV) ist offenbar nicht ganz richtig ausgefallen, da die vorliegenden Stücke wohl der Brüggemann'schen Beschreibung, nicht aber dem Bilde

entsprechen. Kein Exemplar hat am Kopfe, an Kinn und Kehle und am Hinterleibe einen so intensiv gelben Farbenton (der Hinterleib sieht wie mit Citronengelb übergossen aus, die Kehle ist mehr oder weniger schmutzigisabellfarben); bei keinem derselben sind Spuren rother Färbung am Leibe und an den unteren Schwanzdeckfedern; der rothe Augenfleck, der sich mit Ausnahme der Mitte der Oberseite rings um das Auge herum erstreckt und am stärksten nach unten und hinten ausdehnt, ist dunkelblut- oder -kirschroth und nach allen Seiten hin scharf abgesetzt, nur bei einigen Stücken (wie *b*, *c*, *e* und *g*) von einer grösseren Zahl schwarzer Federchen unterbrochen; die schwarze Nackenbinde ist bei allen alten Individuen ziemlich von gleicher Breite (etwa 1 cm), sehr regelmässig zwischen den beiden rothen Augenflecken ausgespannt, als deren directe Fortsetzung nach hinten sie erscheint, und nach vorn vom Hellgrau, nach hinten vom Rauch- oder Aschgrau scharf abgegrenzt. — Das junge Weibchen *h* ist hauptsächlich durch das Fehlen der schwarzen Nackenbinde (nur wenige schwarze Federn sind im Nacken sichtbar), durch die mangelhafte Entwicklung der rothen Farbe an den mit olivengrüner oder zum Theil braunrother Grundfarbe ausgestatteten Augenflecken, durch einen einfarbig dunklen Schnabel und durch eine dunkler graue bezw. graugrüne Kopfplatte ausgezeichnet, die ganz allmählich nach hinten in die grüne Oberseite übergeht.

Ich habe diese ausführlichen Beschreibungen, die ich angesichts des gesammten Vergleichsmaterials unmittelbar nach dem Empfange von Platen's Sendung niedergeschrieben habe, hier zu wiederholen nicht für überflüssig gehalten, obgleich auf einen Theil desselben Materials, das hauptsächlich aus dem Braunschweigischen Museum zur Verfügung gestellt war, sowohl Salvadori, als auch A. B. Meyer und L. W. Wiglesworth in ihren oben citirten Veröffentlichungen sich gestützt haben. — Die Art gehört noch zu den grössten Seltenheiten in den Sammlungen. Dem Britischem Museum fehlte die Art 1893 noch gänzlich, und von den oben erwähnten acht Exemplaren ist höchstens die Hälfte in nicht braunschweigische Museen gelangt. — Im Folgenden gebe ich noch eine Maasstabelle mit den Angaben des Sammlers:

Nr.	Geschlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Datum	Museum-Inv.-Nr.
<i>a</i>)	♂	38	11	18,2	15,2	c. 1,7	15. Octbr. 1884	
<i>b</i>)	♂	38	12	18,4	15,1	c. 1,7	7. Decbr. 1884	
* <i>c</i>)	♂	37	11	17,3	13,9	1,55	28. Decbr. 1884	9722
<i>d</i>)	♂	38	12	18,2	14,3	c. 1,6	19. Januar 1885	
<i>e</i>)	♂	39	11	17,7	14,7	c. 1,7	29. März 1885	
<i>f</i>)	♂	39	12	18,0	14,7	1,8	14. April 1885	
* <i>g</i>)	♀	37	11	17,0	13,4	1,75	29. Decbr. 1884	9723
* <i>h</i>)	♀ juv.	34	11	16,8	14,3	1,6	24. „ 1884	9724

95. *Leucotreron gularis* (Qu. u. Gaim.).

Columba gularis Quoy u. Gaimard, Voy. Astrol. Zool. I, p. 247, pl. 29 (1830).

Ptilopus gularis Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 78 (1893).

12 Exemplare; bei allen wiederholt sich die Bezeichnung: „Iris blutroth. Schnabel goldgelb. Füße kirschroth.“

a)	♂	L. 34 cm;	D. 11 cm.	21. August 1884
b)	♂	„ 34 „	„ 11 „	28. „ „
c)	♂	„ 33 „	„ 11 „	30. „ „
d)	♂	„ 34 „	„ 11 „	16. Septbr. „
e)	♂	„ 34 „	„ 11 „	30. October „
f)	♀	„ 32 „	„ 10 „	4. Septbr. „
g)	♀	„ 32 „	„ 10 „	3. October „
h)	♀	„ 33 „	„ 10 „	30. „ „
i)	♀	„ 33 „	„ 10 „	12 Decbr. „
k)	♀	„ 33 „	„ 10 „	11. Februar 1885
l)	♂	„ 33 „	„ 10 „	15. April 1886
m)	♀	„ 32 „	„ 10 „	13. „ „

Wenn auch im Ganzen die meisten Männchen sich durch einen mehr gelblich-bronzefarbenen Ton des grünen Gefieders und ein dunkleres Braun der unteren Schwanzdecken auszeichnen, die meisten Weibchen dagegen einen mehr bläulichen Schein der grünen Farbe und ein helleres Braun der unteren Schwanzdecken zeigen, so giebt es doch Exemplare beider Geschlechter, welche keine nennenswerthe Verschiedenheit darbieten. Es scheint bei den Weibchen das Alter die Färbungsgrade zu erreichen, welche die Männchen schon in früherer Zeit besitzen und im Alter übertreffen. Ebenso bietet auch die Länge der verengten Spitze der ersten Schwungfeder keinen durchgreifenden Geschlechtsunterschied. Dieselbe ist zwar im Allgemeinen bei den Männchen etwas bedeutender; doch giebt es Uebergänge. Die bei einem Riedel'schen Männchen von mir früher (II. Beitrag, S. 131) constatirte Länge von 2,7 cm war eine aussergewöhnlich bedeutende. Bei den vorliegenden Männchen steht *b* mit 2,5 cm obenan und *c* mit 2,3 cm unten. — Die Weibchen gruppieren sich hierin zwischen 2,35 und 2,05 folgendermaassen: *f*, *g*, *h*, *i* und *k*. Die Grenzen berühren sich daher. — In der Grösse scheint ein gewisser Geschlechtsunterschied zu liegen, doch giebt es auch hier Uebergänge, wie die obige und die folgende Tabelle lehrt:

L. gularis	♂					♀				
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>k</i>
Ala . . . cm	17,4	17,6	17,3	17,6	18,2	17,3	17,4	16,9	17,2	17,0
Cauda. . . cm	14,2	14,7	14,4	14,7	14,4	13,7	14,3	14,2	13,3	13,8

Die Intensität der Kehlfärbung ist eine sehr verschiedene. Bei *b* ist es ein Dunkelschwarzbraun, bei *a*, *e*, *g* und *i* ein helleres Rothbraun, und die übrigen Bälge stehen in der Mitte.

96. *Myristicivora luctuosa* (Temm.).

Columba luctuosa Temminck, Pl Col. 247 (lvr. 42, 1825) (ex Reinw. M S.).

Myristicivora luctuosa Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 233 (1893).

Fünf Bälge, 3 Männchen (*a*, *d* und *e*) und 2 Weibchen (*b* und *c*), alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel und Füsse blaugrau. Schnabelspitze gelb.“

Bei *a*, *b* und *d* haben die beiden äussersten Schwanzfedern auf der Aussenfahne ziemlich in der Mitte einen schmalen schwarzen Randstreifen und vor der weissen Spitze ein schräges schwarzes Band auf der Innenfahne; *c* und *e* dagegen haben hier in der Mitte der Aussenfahne einen breiteren schwarzen Randstreifen und eine schmale durchgehende schwarze Endbinde. Das Schwarz der Schwanzfedern ist bei *a*, *b* und *d* ganz wenig grau belegt, bei *c* und *e* ziemlich ganz schwarz. Die schwarzen Flecken am Hinterleibe sind ziemlich gleich stark bei allen fünf Bälgen entwickelt. Die Zahl der Schwanzfedern ist bei allen 14 (nur durch Mauser bei *b* 13 und bei *e* 12, nämlich einerseits 5, andererseits 7). Vergl. übrigens meinen II. Beitrag (S. 132 und 133).

Die Weibchen sind besonders in der Flügellänge etwas kleiner, als die Männchen, wie folgende Tabelle lehrt, der ich auch die Daten des Sammlers beifüge:

Nr.	Ge- schlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Datum
<i>a</i>	♂	39	6	24,5	13,3	2,25	5. October 1884
<i>b</i>	♀	39	6	23,6	13,3	2,25	6 „ 1884
<i>c</i>	♀	38	6	23,8	12,5	2,1	4. Novbr. 1884
<i>d</i>	♂	39	6	25,2	14,6	c. 2,2	9. April 1886
<i>e</i>	♂	38	6	25,2	13,4	c. 2,2	16. „ 1886

97. *Carpophaga paulina* (Bp.).

Ducula paulina Bonaparte, Consp. Av. II, p. 35 (1854) (ex Temm. M. S.).

Carpophaga paulina Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 188 (1893).

Acht Exemplare, alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris rothbraun. Schnabelwurzel violett. Spitze grau. Füsse kirschroth.“

<i>a</i>)	♂	L. 38 cm,	D. 6 cm.	4. October 1884	
<i>b</i>)	♀	„ 39 „	„ 7,5 „	28. Juni „	(1885 ?)
<i>c</i>)	♀	„ 37 „	„ 6 „	1. October „	
<i>d</i>)	♀	„ 39 „	„ 7 „	2. „ „	
<i>e</i>)	♀	„ 37 „	„ 6 „	29. „ „	
<i>f</i>)	♀	„ 38 „	„ 6 „	3. Novbr. „	(Hierzu ein Ei Nr. 2)
<i>g</i>)	♀	„ 39 „	„ 7 „	7. „ „	
<i>h</i>)	♀	„ 39 „	„ 7,5 „	12. „ „	

Die beiden Weibchen *c* und *g* haben in geringem Grade blaue Färbung der Spitzen der Rücken- und Flügeldeckfedern. Der Kupfer-

glanz ist scheinbar regellos verschieden stark an diesen Stellen entwickelt. Im Allgemeinen finde ich durchweg eine Bestätigung des in meinem I. Beitrage (S. 306) Gesagten.

98. *Carpophaga radiata* (Qu. u. Gaim.).

Columba radiata Quoy et Gaimard, Voy. Astrol. Zool. I, p. 244, pl. 26 (1830).

Carpophaga radiata Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 210 (1893).

Zwei Exemplare (**a* ♂, 2. November 1884; *b* ♀, 17. August 1884) beide übereinstimmend bezeichnet: „Iris orange. Schnabel blau-schwarz. Füße kirschroth.“

Die dunkle Nackenbinde hat stahlblauen Metallglanz und dieser geht allmählich nach hinten in den kupferrothen und weiter in den purpurrothen Glanz des Mantels über.

Beide Individuen unterscheiden sich dadurch von einander, dass das Weibchen einen rein bläulichaschgrauen Kopf besitzt und die Bauchfedern stärker bräunlich gefärbt sind, während das Männchen einen schmutzigweissen Vorderkopf zeigt, ähnlich wie das früher im ersten Theile meiner Beiträge besprochene junge Individuum. Ausserdem haben die Rücken-, Schwung-, Bürzel- und oberen Schwanzdeckfedern bei dem Weibchen mehr rothen Schein, als beim Männchen. Es sind dies möglicherweise Altersdifferenzen. — Im Gegensatz zu Brüggemann's Angaben (Abh. Naturw. Vereins Bremen, Bd. V, S. 86, 1876) kann festgestellt werden, dass die ersten drei Schwungfedern (die dritte sogar winkelig) eingeschnürt sind auf der Innenfahne, die zweite bis vierte auf der Aussenfahne. Die längste Schwinge ist die dritte, die zweite ist etwas kleiner, die vierte wieder etwas kleiner als die zweite; dann folgt viel (c. 1 cm) kleiner die erste und dann wenig kürzer die fünfte. Die zweite und vierte können sich in der Länge übrigens auch vollständig gleichen; dies dürfte sogar vielleicht die Regel sein. — Die dunkle Binde geht an der Brust nicht durch, bei dem Exemplare des Braunschweiger Museums, bei dem ich dies glaubte früher constatiren zu können, ist dieses Bild offenbar nur durch falsche Präparation und unrichtige Lagerung der Federn hervorgerufen. Die wichtigsten Maasse sind die folgenden:

Nr.	Geschlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Museum- Inventar-Nr.
* <i>a</i>	♂	21,3	15,7	1,7	2,4	9725
<i>b</i>	♀	21,4	15,2	1,7	2,4	

Im Ganzen fällt die Kürze des Schnabels bei den vorliegenden beiden Exemplaren im Gegensatz zu den früheren Ausmessungen auf.

99. *Hemiphaga forsteni* (Knip u. Prév.).

Columba forsteri (errore pro *forsteni*) Knip u Prévost, Fig. II, pl. 47 (1838 bis 1843), (ex Temm M. S).

Hemiphaga forsteni Bonaparte, Consp. Av. II, p. 39 (1854); Platen, Gef. Welt 1887, S. 218.

Carpophaga forsteni Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 208 (1893).

14 Exemplare, *a* bis **o*, übereinstimmend bezeichnet: „Iris, äusserer Rand rothbraun, innerer gelb. Schnabel schwarz. Füsse und Augerring kirschroth.“

<i>a</i>) ♂	L 47 cm; D. 12 cm.	11. August 1834.
<i>b</i>) ♂	„ 46 „ „ 11 „	26. „ „
<i>c</i>) ♂	„ 49 „ „ 13 „	27. „ „
<i>d</i>) ♂	„ 49 „ „ 13 „	28. „ „
<i>e</i>) ♂	„ 48 „ „ 12 „	24. Septbr. „
<i>f</i>) ♂	„ 48 „ „ 12 „	16. Novbr. „
<i>g</i>) ♀	„ 49 „ „ 13 „	12. August „
<i>h</i>) ♀	„ 49 „ „ 12 „	15. „ „
<i>i</i>) ♀	„ 48 „ „ 12 „	17. „ „
<i>k</i>) ♀	„ 46 „ „ 12 „	17. „ „
<i>l</i>) ♀	„ 46 „ „ 12 „	24. „ „
<i>m</i>) ♀	„ 47 „ „ 11 „	1. Septbr. „
<i>n</i>) ♀	„ 46 „ „ 11 „	4. „ „
* <i>o</i>) ♀ juv.	„ 45 „ „ 11 „	15. „ „ Mus-Inv Nr 9728

Das schon vom Sammler als junges Weibchen bezeichnete Exemplar zeichnet sich durch einen grauen Ton des weissen Bauches, durch eine schmutzigweisse und verhältnissmässig schmale helle Querbinde im Schwanze, durch bläuliche Spitzen der oberen Schwanzdeck- und Bürzelfedern und durch einen stark kupferrothen Metallglanz an dem Nacken und den Seiten des Halses, durch eine stärkere Bronzefärbung des ganzen grünen Gefieders und stärkere blutrothe Färbung des röthlichgrauen Rückendreiecks aus. Von dieser Färbung bis zum reinsten Weiss der Bauchseite und der Unterseite der breiteren Schwanzbinde, bis zum fast reinen Grün der Schwanzdeck- und Bürzelfedern, bis zu einem ganz geringen Grade des Kupferglanzes am Nacken und einem sehr geringen Bronzeschein des grünen Gefieders und fast reinem Grau des Rückenfeldes zeigen sich fast alle Abstufungen, und es scheint, dass die letztere Färbung dem höchsten Alter eigen ist, unabhängig von Einflüssen des Geschlechts, da z. B. von den Männchen *b* und *e*, von den Weibchen *g* und *k* dieses Verhältniss zeigen. Ein Duyvenbode'scher Balg des Braunschweiger Museums steht ungefähr auf dem Standpunkte von *h* und *l*.

H forsteni	♂						♀							
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>o</i>
Ala . . . cm	25,4	26,2	26,8	26,4	25,8	25,6	26,6	26,5	25,4	25,4	25,3	25,3	25,3	25,2
Cauda . . . cm	20,3	18,8	19,2	19,0	18,8	17,8	19,2	19,0	19,2	18,8	17,8	17,7	18,8	19,3

100. *Carpophaga poecilorrhoea* Brüggem.

Bruggemann, Abh. Nat. Ver. Bremen V, S. 84 (1876); Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 220 (1893).

22 Exemplare, 11 Männchen (*a* bis **d* bis *l*) und 11 Weibchen (*m* bis **s* bis *w*), alle gleich bezeichnet: „Iris blutroth. Schnabelwurzel violettroth. Spitze graugrün. Füsse und Augenring kirschroth.“

Bei der ausserordentlichen Seltenheit dieser von v. Pelzeln, Gould, A. B. Meyer, Heine und Reichenow und mir fälschlich zu *Gymnophaps* gestellten Art, die es den meisten Forschern bisher nur gestattete, je ein oder doch nur wenige Exemplare zu untersuchen (vergl. meine ausführlichen Notizen im Journ. f. Ornith. 1883, S. 142 und A. B. Meyer's von mir damals übersehenen brieflichen Mittheilungen im Ibis 1881, S. 169), ist es ein wirkliches ornithologisches Ereigniss, wenn man neben einander 22 Bälge prüfen kann, von denen je die Hälfte den beiden verschiedenen Geschlechtern angehört. — Es ergiebt sich daraus, dass die ausführlich gegebenen Beschreibungen sich auch bei einer grossen Reihe als maassgebend erweisen, dass beide Geschlechter in der Färbung keine wesentlichen Abweichungen zeigen, dass dagegen innerhalb der einzelnen Reihen individuelle Schwankungen eintreten. So ist z. B. die helle Färbung des Kinnes und der Kehle bei *a*, *b*, *d*, *e*, *g*, *l*, *n*, *o*, *p*, *q*, *r*, *s* und *v* geringer entwickelt und weniger ausgedehnt, als bei den übrigen. *e*, *i*, *n*, *q*, *r*, *v* und *w* sind mit einer intensiver weinröthlichen Färbung an der Unterseite versehen, unter einander aber wieder dadurch verschieden, dass bei den einen mehr die Brust, bei den anderen mehr der Leib, bei anderen alle diese Stellen zugleich die weinrothe Färbung zeigen, welche selbst wieder bei den einen dunkler, bei den anderen heller erscheint. *i* und *q* haben sogar auch ein weinrothes Nackenband, während bei den anderen Bälgen der Nacken dunkelrauchgrau und bisweilen nur wenig röthlich überflogen erscheint, bei *u* und hauptsächlich *t* sogar mehr hellgrau wird. Auch die weinrothe Färbung der Kopfseiten schwankt sehr, während die übrige Färbung des Körpers, der Flügel und des Schwanzes eine grosse Gleichförmigkeit zeigt. Die schmalen, hellen Ränder an den Schwungfedern sind verschieden breit, offenbar durch Abnutzung theilweise verloren gegangen, am stärksten z. B. bei *b*, *e*, *i*, *k*, *s* und *t*. Ebenso sind auch die hellen Ränder der Schwanzfedern von der Abnutzung (d. h. vom Alter) der Feder abhängig, wenngleich sich hier keine sehr beträchtlichen Schwankungen ergeben. — Die Füsse haben überall noch den röthlichen oder gar vollständig kirschrothen Farbenton, den der Sammler im frischen Zustande beobachtete. — Die vierte und fünfte Schwinge bilden überall, wo nicht durch Defect und Mauser das Verhältniss verschleiert ist, die Flügelspitze; meist scheint die vierte die längste zu sein; die dritte kann dann

der fünften fast gleich kommen, ist aber meist kleiner und steht dann etwa der sechsten gleich. Die Stärke der Krallen und die bedeutende Krümmung derselben, die bis zum Zehengelenk herabhängenden und den Lauf auch in den unteren Theilen, die eigentlich nackt sind, vollständig bedeckenden Hosenfedern sind sehr charakteristisch. Die vordere weissliche Schnabelkuppe scheint bei den Männchen im Allgemeinen grösser und stärker entwickelt, als bei den Weibchen. Die Ausrandung der Aussenfahne erstreckt sich von der zweiten bis siebenten Schwungfeder, ist aber bei der letzteren nur noch sehr gering. Die wichtigsten Maasse sind, unter Beifügung der Daten des Sammlers, die folgenden:

Nr.	Ge- schlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Datum	Museum- Inv.-Nr.	
<i>a</i>	♂	44	14	24,3	21,3	2,1	16 August 1884	9726	
<i>b</i>	♂	44	15	24,4	21,7	2,0	9. Octbr. 1884		
<i>c</i>	♂	43	13	24,3	21,2	2,2	12. „ 1884		
* <i>d</i>	♂	45	14	24,2	21,4	2,1	26. „ 1884		
<i>e</i>	♂	43	13	24,3	21,9	2,0	6 Novbr. 1884		
<i>f</i>	♂	46	14	23,4	20,6	2,0	3. Decbr 1884		
<i>g</i>	♂	43	13	24,2	20,5	2,2	11 „ 1884		
<i>h</i>	♂	43	13	24,0	20,5	2,2	24. „ 1884		
<i>i</i>	♂	44	13	23,6	20,6	2,1	24. „ 1884		
<i>k</i>	♂	44	13	24,0	21,4	2,2	28. „ 1884		
<i>l</i>	♂	43	13	24,4	21,2	2,0	29. „ 1884		
<i>m</i>	♀	46	15	24,3	21,5	2,2	6. Octbr 1884		
<i>n</i>	♀	44	15	24,0	20,6	2,1	11. „ 1884		
<i>o</i>	♀	43	13	23,2	20,2	2,0	17. „ 1884		
<i>p</i>	♀	45	15	23,2	19,7	2,0	3. Decbr. 1884		
<i>q</i>	♀	43	13	23,4	20,0	2,1	3. „ 1884		
<i>r</i>	♀	45	14	23,8	20,4	2,2	7. „ 1884		
* <i>s</i>	♀	43	13	24,3	21,0	2,2	13. „ 1884		9727
<i>t</i>	♀	46	15	24,2	21,8	c 2,1	24. „ 1884		
<i>u</i>	♀	45	13	23,6	21,4	2,1	27. „ 1884		
<i>v</i>	♀	46	15	23,8	21,2	2,0	28. „ 1884		
<i>w</i>	♀	45	13	24,0	20,4	2,1	28. „ 1884		

Salvadori hat festgestellt, dass die Art nicht zu der von ihm selber aufgestellten Gattung *Gymnophaps* gehört, vielmehr eine eigene, auf Celebes beschränkte, von ihm neu aufgestellte Untergattung *Cryptophaps* der Gattung *Carpophaga* bildet. Die Läufe sind bis zu den Zehen befiedert. Salvadori macht hauptsächlich auf den langen, fast stufigen Schwanz und die eigenthümlich gefarbten, unteren Schwanzdeckfedern aufmerksam (l. c. S. 219). Die Zahl der Schwanzfedern beträgt 14; wo ich weniger gezählt habe, z. B. 13 bei *b*, *e*, *n*, *o*, *r*, 12 bei *i* und *u*, 10 bei *c* und *h*, 9 bei *l* etc., ist nachweislich die Mauser daran Schuld.

Fam.: COLUMBIDAE.

101. *Macropygia albicapilla* Bp.

Bonaparte, Consp. Av. II, p. 57 (1854), Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 353 (1893).

Columba — *Macropygia* — *albicapilla* Platen, Gef. Welt 1887, S. 206.

Neun Bälge, übereinstimmend bezeichnet: „Iris rosa, innerer Rand grau. Schnabel schwarz. Füsse hellroth.“

a) ♂	L. 36 cm;	D. 15 cm.	6. August 1884	
b) ♂	„ 37	„ 15	15. „	„
c) ♂	„ 34	„ 14	27. „	„
d) ♂	„ 37	„ 15	16. Septbr.	„
e) ♂	„ 35	„ 14	10. October	„
f) ♂	„ 37	„ 15	10. April 1885	
g) ♀	„ 35	„ 14	7. Decbr. 1884	(Hierzu Eier Nr. 1)
h) ♂ juv.	„ 32	„ 12	1. Mai 1886	
i) ♀	„ 33	„ 13	28. „	„

Sämmtliche alte Männchen (a bis f) sind weissköpfig mit schön entwickeltem grünen und purpurrothen Metallglanz, etwa in der Mitte zwischen den Riedel'schen Bälgen A und C stehend (vergl. meinen zweiten Beitrag, S. 133). Beide Weibchen g und i haben (fast mit Nr. 5403 übereinstimmend) einen rothbraunen Kopf und einen Nacken mit gesprenkelter und gebänderter Zeichnung und wenig oder gar keinem Metallglanz; da der Sammler Eier des einen Stückes (g) gesammelt hat, so ergibt sich, dass die Weibchen in diesem Kleide mindestens schon fortpflanzungsfähig sind.

Das Weibchen i hat wenig oder gar keine Querbänder auf der Unterseite, weissliche Farbe von Kinn und Kehle, mehr Rostfarbe auf dem Leibe und ein einfarbiges Rothbraun auf den Bürzel- und oberen Schwanzdeckfedern.

102. *Turacoena menadensis* (Qu. u. Gaim.).

Columba menadensis Quoy et Gaimard, Voy. Astrol. I, p. 248, pl. 30 (1830).

Turacoena menadensis Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 333 (1893).

Elf Exemplare. Alle, mit Ausnahme des jugendlichen Individuums (l) mit „brauner Iris“, offenbar alt und bezeichnet: „Iris aussen grau, innen rosa. Schnabel und Füsse schwarz.“

a) ♂	L. 40 cm;	D. 13 cm.	18. August 1884
b) ♂	„ 40	„ 13	6. Septbr. „
c) ♂	„ 38	„ 12	3. October „
d) ♂	„ 39	„ 13	13. „ „
e) ♂	„ 38	„ 13	27. „ „
f) ♂	„ 40	„ 13	14. April 1886
g) ♂	„ 39	„ 12	1. Mai „
h) ♀	„ 39	„ 12	14. Septbr. 1884
i) ♀	„ 38	„ 12	8. October „
k) ♀	„ 40	„ 13	29. „ „

l) ♀ juv.	L. 37 cm;	D. 12 cm.	16. August	1884
m) ♀	" 38 "	" 12 "	19. Juni	"
n) ♀	" 39 "	" 12 "	15. August	"
o) ♀	" 40 "	" 13 "	10. März	1886
p) ♀	" 39 "	" 13 "	22. April	"

Das junge Individuum *l* zeichnet sich den Brüggemann'schen Angaben entsprechend durch stark stahlblauen Metallschimmer der Nackenfedern aus. Eine hellbräunliche Berandung der Federn an Brust und Leib und auf dem Scheitel, die offenbar einem noch jüngeren Entwicklungsstadium entspricht, ist nicht zu beobachten. Unter den Männchen zeichnet sich *a* und *b*, unter den Weibchen *h* durch eine weitere Ausdehnung des Weiss auf dem Kopfe aus, worin überhaupt eine beträchtlichere Veränderlichkeit zu bestehen scheint, als ich früher annahm. Da im Allgemeinen auch der weiteren Ausdehnung des Weiss eine beträchtlichere Grösse entspricht, so dürfte dies Verhältniss als Alterszeichen anzusehen sein. Im Allgemeinen scheinen die Vögel aus Nord-Celebes etwas grösser, als die aus Süd-Celebes, die mir früher in grösserer Anzahl vorlagen; doch erscheint es mir bei den Uebergängen in der Grösse nicht berechtigt, die Exemplare aus dem Norden der Insel mit der von mir früher aufgestellten Varietät *major* zu vereinigen. — *Turacoena menadensis major* dürfte einem noch unbekanntem insularen Gebiete nordlich von Celebes angehören (vergl. meinen ersten Beitrag, S. 309), wenn die Form als Unterart aufrecht erhalten werden kann. Dass überhaupt in der Grosse viele Schwankungen vorkommen und auch die Geschlechter sich schwerlich nach der Grösse unterscheiden lassen werden, lehrt die folgende Maastabelle:

T. menadensis	♂							♀							
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>o</i>	<i>p</i>
Ala. . . . cm	19,7	20,8	19,6	20,6	20,3	19,6	19,4	19,4	20,0	19,8	19,1	18,7	19,4	19,8	20,0
Cauda . . . cm	20,3	19,4	19,4	20,3	20,4	19,5	19,8	19,5	20,7	20,9	18,8	19,0	18,4	20,3	19,5

Fam.: PERISTERIDAE.

103. *Spilopelia tigrina* (Temminck u. Knip).

Columba tigrina Temminck u. Knip, Plg. I, pl. 43 (1808—1811)
Turtur tigrinus Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus XXI, p. 440 (1893).
Columba — *Spilopelia* — *tigrina* Platen, Gef. Welt 1887, S. 205.

Sechs Exemplare, alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris gelb. Schnabel dunkelbraun. Füsse violettroth“ (nur bei *d* bis *f* „blauroth“).

a) ♂	L. 29 cm;	D. 9,5 cm.	15. Juli	1884
b) ♂	" 28 "	" 9 "	14. September	"
c) ♀	" 28 "	" 8,5 "	14. "	"
d) ♂	" 29 "	" 9,5 "	3. Mai	1886
e) ♀	" 29 "	" 9 "	9. März	"
f) ♀	" 29 "	" 9,5 "	11. "	"

In der Färbung unter einander und mit einem von Platen in Süd-Celebes gesammelten weiblichen Individuum (I. Beitrag, S. 310) fast vollständig übereinstimmend, das in der Grösse ungefähr *a* und *b* gleichkommt, während *c* etwas kleinere Flugellänge besitzt.

104. *Phlogoenas tristigmata* Bp.

Phlegoenas tristigmata Bonaparte, Compt. rend. XL, p. 207, 221 u. 263 (1855).

Phlogoenas tristigma Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 590 (1893).

Phlogoenas tristigmata Platen, Gef. Welt 1887, S. 230.

Zehn Exemplare, fünf Männchen (*a*, **b* bis *d* und *k*) und fünf Weibchen (**e* bis *i*), übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Schnabel grau-braun. Füsse kirschroth“ (nur bei *k* „Schnabel braun. Wachshaut grau“).

<i>a</i>) ♂	L. 30 cm;	D. 6,5 cm.	9. December	1884	
* <i>b</i>) ♂	„ 30 „	„ 6,5 „	12. „	„	Mus.-Inv.-Nr. 9729
<i>c</i>) ♂	„ 30 „	„ 6 „	11. Januar	1885	
<i>d</i>) ♂	„ 30 „	„ 6,5 „	15. „	„	
* <i>e</i>) ♀	„ 28 „	„ 5 „	5. November	1884,	Mus.-Inv.-Nr. 9730
<i>f</i>) ♀	„ 27 „	„ 5 „	1. Januar	1885	
<i>g</i>) ♀	„ 28 „	„ 5,5 „	11. „	„	
<i>h</i>) ♀	„ 29 „	„ 6 „	19. „	„	
<i>i</i>) ♀	„ 28 „	„ 6 „	9. Februar	„	
<i>k</i>) ♂	„ 30 „	„ 6,5 „	6. November	1886	

Sämmtliche Exemplare stimmen in der Färbung mit Ausnahme kleiner, noch zu erörternder Abweichungen unter einander und mit der von Wallace gegebenen Abbildung (Ibis 1865, Pl. IX) überein. Kinn und Kehle sind bei den meisten grauweisslich gefärbt, bei *b*, *c*, *d* und *e* etwas gelblich überflogen; bei *i*, einem offenbar etwas jugendlicheren Individuum, das sich zugleich durch einen starken Purpurglanz des olivengrünen Rückens und durch einen weniger bläulichen Glanz des grünen Hinterhauptes auszeichnet, ist Kinn und Kehle hellgelblich, und dieser Farbenton geht ununterbrochen, sich allmählich verdunkelnd, in die grüngelbe Färbung der Brust über. Der Purpurglanz des Rückens ist bei *i* am stärksten, bei *c*, *d*, *e* und *h* von mittlerer Stärke und bei den übrigen vier Bälgen am schwächsten, zum Theil wie bei *b*, *g* und *f* fast ganz verschwindend. Von den letztgenannten vier Bälgen gilt auch, dass sie am meisten stahlblauen Schein am grünen Hinterkopfe zeigen; in dieser Beziehung zunächst stehen dann *c* und *e*, während *d*, *h* und *i* kaum deutlich blauen Metallglanz darbieten. Ausser den Tarsen und Zehen sind auch die untersten Theile der Tibien ringsum nackt. Die Bekleidung an diesen Theilen und an den Tarsen ist eine eigenthümliche. Bis auf die untersten zwei Drittel oder drei Viertel der Vorderseite des Tarsus sind diese Stellen weder mit Tafeln noch mit Schildern versehen. Von der Ansatzstelle der drei Vorderzehen, von denen die innere ganz wenig länger als die äussere ist, gehen auf der Vorderseite des Tarsus zwei oder drei Reihen

Schilder nach oben aus, die sich aber schon in einer Höhe von etwa 1 cm zu einer einzigen Reihe vereinigen, deren einzelne polygonale Schilder anfangs noch im Zusammenhange stehen, während sie sich nach oben zu allmählich von einander lösen, abrunden und kleiner werden, bis dann die Reihe mit einem kleinen isolirten rundlichen Schilde in zwei Drittel oder drei Viertel der Tarsushöhe aufhört. — Die Schwingen sind auf der Innenfahne nicht verengt, die zweite bis siebente dagegen auf der Aussenfahne. — Die dritte, vierte und fünfte Schwinge sind ähnlich lang und bilden die Flügelspitze. Meist ist die vierte etwas länger, als die beiden benachbarten. Die sechste ist nur wenige Millimeter kürzer und steht an Länge etwa mitten zwischen der Flügelspitze und der zweiten Schwinge. Die erste ist bedeutend kürzer und gleicht an Länge etwa der achten, während die siebente die Mitte hält zwischen ihren Nachbarn. — Bei einigen Individuen finde ich die zweite Schwinge gleich der sechsten und die erste etwas grösser als die achte. Es scheint auch unter Umständen die dritte Schwinge die Flügelspitze bilden zu können. Individuelle Verschiedenheiten, Mauserungsverhältnisse und auch Defecte verschieben offenbar bisweilen das erstgenannte Verhältniss.

Ich lasse noch die wichtigsten Maasse folgen:

	Geschlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Dig. med. c ung. cm
<i>a</i>	♂	18,7	11,9	2,1	4,6	4,0
* <i>b</i>	♂	18,0	12,3	2,05	4,6	4,0
<i>c</i>	♂	18,1	12,4	2,1	4,6	4,1
<i>d</i>	♂	17,4	11,7	1,9	4,5	3,9
* <i>e</i>	♀	17,2	11,4	1,9	4,2	3,8
<i>f</i>	♀	17,2	11,9	1,9	4,3	3,8
<i>g</i>	♀	16,7	11,3	1,85	4,0	3,5
<i>h</i>	♀	17,0	10,9	c. 1,9 (def.)	4,3	3,7
<i>i</i>	♀ Jun.!	16,7	11,2	1,9	4,2	3,7
<i>k</i>	♂	17,1	11,7	2,1	4,2	3,7

105. *Chalcophaps indica* (Linn.).

Columba indica Linne, Syst. Nat. I, p. 284, Nr. 29 (1766) (ex Edwards).

Chalcophaps indica Salvadori, Cat. Birds Brit. Mus. XXI, p. 514 (1893).

* „♂. Iris hellgrau. Long. 27 cm. Diff. 6 cm. Schnabelwurzel roth. Spitze gelblich. Füsse kirschroth. 10. März 1885“. (Mus.-Inv.-Nr. 9731.)

Mit Salvadori's ausführlicher Diagnose (l. c. und Ornitolog. d. Papuasias, Vol. III, p. 175) im Allgemeinen gut übereinstimmend, ebenso auch mit der grosseren Abbildung in Rowley's Ornithological Miscellanies (Vol. II, Pl. 51; cf. p. 119), von letzterer jedoch durch die starke Entwicklung der nach Jerdon für das Männchen charakteristischen weissen Flecken an den Spitzen der an der Schulter befind-

lichen kleineren, oberen Flügeldeckfedern, ferner durch eine mehr graue Färbung der hellen Querstreifen auf dem Rücken, eine mehr rein goldgrüne Färbung der Flügeldecken und des Mittelrückens, sowie dunklere braune Färbung der Schwung- und Schwanzfedern unterschieden. Auch stimmt mit der genannten Abbildung nicht genau überein, dass sich das weinrothe Halsband am Nacken nicht vollständig schliesst, vielmehr durch einen schmalen dunkelgrauen Mittelstreifen getrennt bleibt, welcher von dem aschgrauen Hinterkopfe nach hinten geht und sich auf dem Vorderrücken zu einem grösseren Flecken von ähnlicher Farbe erweitert, an dessen hinterer Grenze der grüne Mittelrücken beginnt. — Die mit Salvadori's Ausmessungen gut übereinstimmenden Maasse sind: Ala 14,5, Cauda 9,1, Culmen 1,55, Tarsus 2,6 cm. — Meyer und Wiglesworth halten die Berechtigung der von mir unterschiedenen Varietät oder Unterart *sanghirensis*, die Salvadori sogar als Art neben *indica* stellt, für noch nicht genügend begründet (Abh. u. Ber. Mus. Dresden 1894/95, Nr. 9, S. 8).

Ich fand jedoch die Kennzeichen bei drei männlichen Exemplaren übereinstimmend.

VI. GALLINAE.

Fam.: PHASIANIDAE.

106. Gallus gallus (Linn.).

Phasianus gallus Linne, Syst. Nat. I, p. 270 (1766).

Gallus gallus Ogilvie-Grant, Cat. Birds Brit. Mus. XXII, p. 344 (1893).

Gallus bankiva Platen, Gef. Welt 1887, S. 219.

* „♂. Iris gelbweiss? Long. 75 cm. Diff. 45 cm. Kammlappen blutroth. Schnabel hornweissgrau. Füsse dunkelgrau. 28. October 1884.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9732.)

Ein schön ausgefärbtes grosses Exemplar mit grossem Kamme, verhältnissmässig etwas längeren Federn an und über den kahlen Stellen an den Kopfseiten; in Bezug auf die Färbung und Entwicklung der goldrothen Mantel- und Bürzelfedern, sowie die Farbe der Läufe einem gestopften Exemplare des Braunschweiger Museums unbekannter Heimath ähnlich, von diesem und einem Balge desselben Museums aber verschieden durch den viel längeren und auch anders abgestuften Schwanz, durch eine mehr graubraune Färbung der Handschwingen, durch weniger stahlblauen Metallglanz der oberen Flügeldeckfedern und viel geringere Entwicklung der Sporen. Der Schwanz besitzt bei dem Celebes-Balge an den vier mittelsten der 14 stufenförmigen Federn lanzettförmige Verlängerungen, und die längste der sämmtlich stark verlängerten oberen Schwanzdeckfedern erreicht die Länge der äusseren von den vier centralen Schwanzfedern; bei den beiden anderen

Stücken ist dagegen nur ein centrales Paar der 14 Schwanzfedern lanzettförmig verlängert und die oberen Schwanzdeckfedern sind sehr wenig in die Länge ausgedehnt.

In Bezug auf die verhältnissmässige Länge der Primär- zu den Secundärschwingen verhält sich der Celebes-Balg, wie das gestopfte Exemplar des Museums.

Die wichtigsten Maasse sind:

Gallus gallus	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	Tarsus cm	Länge der Primär- zu den Secundärschwingen
Celebes Nr. 9732 .	23,2	46,3	3,8	7,2	Prim. > Sec.
Museum. Gestopft .	25,3	38,4	3,1	8,2	Prim. > Sec.
Museum. Balg . .	22,8	29	3,6	7,8	Prim. < Sec.

Fam.: TETRAONIDAE.

107. *Excalfactoria chinensis minima* Gould.

Tetrao chinensis Linne, Syst. Nat. I, p. 277 (1766); Ogilvie-Grant, Cat. Birds Brit. Mus. XXII, p. 250 (1893) (partim).

Excalfactoria minima Gould, Proc Zool. Soc. 1859, p. 128.

Drei Männchen (*a*, *b* und **c*), sämmtlich bezeichnet: „♂. Iris blutroth. Long. 12 cm. Diff. 1,5 cm. Schnabel horngraublau. Füsse gelbbraunlich. 5. November 1884.“

a und *b* haben eine etwas heller braune Färbung des Kopfes als *c*. Sonst sind alle gleich gefärbt. Die Grösse ist im Allgemeinen noch geringer, als diejenige des von Platen gesammelten Borneo-Stückes, auf Grund dessen ich früher die Berechtigung zur Unterscheidung der Celebes-Vögel als *minima* bezweifelte (W. Blasius und A. Nehr Korn, Beiträge zur Kenntniss der Vogelfauna von Borneo, in dem [2.] Jahresber. des Ver. f. Nat. zu Braunschweig für 1880/81, S. 166; S.-A. S. 60).

Ogilvie-Grant lässt *Excalfactoria chinensis* (Linn.) auf dem asiatischen Festlande und (nach Gould's typischen Exemplaren von *E. minima*) auch in Celebes, ferner in Ternate und einigermassen fraglich in Hainan sich verbreiten, dagegen eine Unterart dieser Art: *lineata* Scop. (= *australis* Gould, 1865) in Australien, auf den Philippinen, Palawan, den Suluinseln, Borneo, Java und Sumatra, und eine andere Art, *Exc. lepida* Hartl., in Neu-Britannien, Neu-Irland und den Duke of York-Inseln. — Nach den Vergleichen, die ich hier vornehmen kann, kommt es mir wahrscheinlich vor, dass die Borneo- und Celebes-Exemplare nicht einmal von einander subspezifisch zu trennen sind, obgleich gewisse kleinere Unterschiede in der dunkleren oder helleren Färbung des Rückens u. s. w. bestehen. Auffallender Weise haben sowohl die Celebes-, als auch das mir vor-

liegende Borneo-Exemplar keine oder doch kaum eine Spur von kastanienbrauner Färbung auf den mittleren äusseren Flügeldeckfedern. Auch Gould erwähnt bei seiner Beschreibung der Art eine solche Färbung nicht. Trotz der Darlegungen Ogilvie-Grant's vermuthe ich fast, dass hierin, abgesehen von der geringen Grösse, ein wesentlicher Charakter von *minima* liegt, und dass diese Art sowohl in Borneo als in Celebes, vielleicht noch weiter verbreitet ist. Ob dann für diese Form der ältere Name *lineata* (Scop.) von 1786 anzunehmen ist, dies zu entscheiden, dazu fehlt mir im Augenblick das Material an Litteratur und Vergleichsobjecten. Jedenfalls scheint mir die Frage der *Excalfactoria*-Formen mit Ogilvie-Grant's Ausführungen noch nicht erledigt zu sein.

Ich füge noch die Maasse der drei Celebes-Vögel hinzu:

♂	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Mus.-Inv.- Nr.
<i>a</i>	7,0	2,4	0,95	1,9	
<i>b</i>	6,8	2,7	c. 0,9	1,9	
* <i>c</i>	6,6	2,1	1,0	1,9	9733

Fam.: MEGAPPOIIDAE.

108. *Megapodius cumingi* Dillw.

Dillwyn, Proc. Zool. Soc. 1851, p. 118, pl. 39; Ogilvie-Grant, Cat. Birds Brit. Mus. XXII, p. 449 (1893).

* „♂. Iris braun. Long. 33 cm. Diff. 1 cm. Schnabel gelbbraun. Füsse braun. 7. Juli 1884.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9734.)

Das Exemplar hat eine etwas mattere Färbung der olivenbraunen Oberseite und eine etwas dunkler graubraune Färbung von Kinn und Kehle, als ein von Platen auf den Suluinseln gesammeltes Weibchen derselben Art, und dabei eine dunkelgraubraune Färbung des Oberkopfes. Die Maasse sind etwas beträchtlicher bei dem Sulu-Vogel, was vielleicht mit dem Geschlechte im Zusammenhange steht, wie folgende Tabelle zeigt:

<i>M. cumingi</i>	Ala cm	Cauda cm	Rictus cm	Tarsus cm
♂ Celebes	20,7	7,1	3,0	6,1
♀ Suluinseln . .	21,7	7,7	3,1	6,2

Uebrigens konnte ich, unabhängig vom Geschlecht, einen ähnlichen Grössenunterschied bei den Storm'schen Bälgen des Lübecker Museums feststellen (Vogel von Pontianak etc., Mitth. d. Geogr. Ges. u. d. Naturh. Mus. Lübeck. II. Reihe, Heft X, S. 125; S.-A. S. 37, 1896).

109. *Megacephalon maleo* (S. Müll.).

Macrocephalon maleo Sal. Muller, Archiv f. Naturgeschichte. Jahrg. XII, Bd. I, Heft 1, S. 116, Fussnote (1846).

Megacephalon maleo Ogilvie-Grant, Cat. Birds Brit. Mus. XXII, p. 472 (1895); Platen, Gef. Welt 1887, S. 219.

Drei alte Männchen (*a*, 3. Juli; *b*, 2. October; **c*, 24. October 1884; hierzu Eier Nr. 11), gehörten der 1. Sendung an, alle übereinstimmend bezeichnet: „♂. Iris braun. Long. 55 cm. Diff. 9 cm. Kopf, Augenring, Schnabelwurzel schwarz. „Schnabel oben lackroth, an den Seiten und unten graublau“. Füsse blaugrau (bei *b* und *c* „grau-blau“).

Bei einer späteren Sendung erhielt ich noch ein anderes altes Männchen:

d, „♂. Iris braun. Long. 54 cm. Diff. 9 cm. Schnabel hellgelb, an der Wurzel roth. Kopf schwarz. Füsse grau. 22. April 1886“.

Sämmtlich schön ausgefärbte Männchen, auf der hellen Unterseite prächtig rosafarben. Bei *b* ist die Rosafarbe an der Brust weniger stark; dies Stück hat dabei die stärkste Erweiterung des Kopfhornes und gar keine hellen Ränder an den dunklen Federn des Rückens, während *a* und *c* in der Mitte des Rückens Spuren von hellen Rändern an den Federn zeigen. (Die mangelhafte Befiederung am Kopfe ist bei allen eine ähnliche; doch sind weissliche Federn an der Kehle bei *a* mehrere, bei *c* weniger, bei *b* gar nicht vorhanden.

Die wichtigsten Maasse sind folgende:

♂	Ala	Cauda	Rictus	Von der Hinterwölbung des Hockers bis zur Schnabelspitze	Tarsus	Mus.-Inv.-Nr.
	cm	cm	cm	cm	cm	
<i>a</i>	31	16	3,9	9,1	8,9	—
<i>b</i>	31,5	16,7	4,1	9,4	9,0	—
* <i>c</i>	30,8	15,8	4,1	9,5	9,2	9735
<i>d</i>	30,8	15,3	3,8	9,4	8,9	—

Die höchst eigenthümliche Nomenclaturfrage dieser Art habe ich kürzlich ausführlich erörtert (Vögel von Pontianak etc., Mitth. d. Geogr. Ges. und des Naturh. Mus. Lübeck. II. Reihe, Heft X, S. 124; S.-A. S. 36, 1896).

Die Herren P. und F. Sarasin haben sehr interessante Beobachtungen über das Anlegen von Brutgruben im Sande in der Gegend von heissen Quellen gemacht (Meyer und Wiglesworth, Abh. u. Ber. Mus. Dresden 1894/95, Nr. 8, S. 16; 1896/97, Nr. 1, S. 6).

VII. GRALLAE.

Fam.: CHARADRIIDAE.

110. *Charadrius fulvus* Gml.

Gmelin, Syst. Nat. I, p. 687 (1788).

Charadrius dominicus Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIV, p. 191 (1896)
(partim).

Charadrius fulvus Platen, Gef. Welt 1887, S. 206.

Acht Exemplare, vier Männchen (*a, b, f, g*) und vier Weibchen (*c, d, e, h*), alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Long. 23 cm. Diff. — cm. Schnabel schwarz. Füße bleigrau“.

Die Bälge *a, b, c* und *e* befinden sich im Winterkleide mit heller Unterseite; diese ist bei *a* am Leibe etwas quergewellt gezeichnet; bei den anderen dreien ist der Hinterleib wenigstens in der Mitte rein weiss. Bei *d* sind dem hellen Leibe schwärzliche Federn beigemengt, etwa wie bei einem Uebergangskleide des Braunschweiger Museums aus Borneo. — Die Bänderung des Schwanzes entspricht den Angaben, die ich früher erwähnt habe.

Die letzten drei Individuen *f, g* und *h* vom April 1886 befinden sich in einem Uebergangskleide, das ungefähr dem in meinem zweiten Beitrage (S. 140) erwähnten Duyvenbode'schen Balge (Nr. 6701) entspricht.

Sharpe vereinigt *Ch. fulvus* mit der amerikanischen Form *virginicus* oder *dominicus* und bezeichnet die Celebes-Vögel auch mit dem letzteren Namen. Wie ich in meinem zweiten Beitrage (S. 142) ausführlich dargelegt habe, halte ich, der verschiedenen Grössenverhältnisse wegen, die Vereinigung für nicht gerechtfertigt. Im Folgenden gebe ich die Maasstabelle, zusammen mit den Daten des Sammlers:

Nr.	Geschlecht	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Tarsus cm	Datum
<i>a</i>	♂	23	0	16,6	6,9	4,5	22. Oct. 1884
<i>b</i>	♂	23	0	16,5	6,4	4,7	22. „ „
<i>c</i>	♀	23	0	16,1	5,6	4,3	22. „ „
<i>d</i>	♀	23	0	15,3	6,3	4,2	22. „ „
<i>e</i>	♀	23	0	16,4	6,0	4,4	22. „ „
<i>f</i>	♂	23	0,5	16,3	5,9	4,4	16. April 1886
<i>g</i>	♂	22,5	0	16,2	6,5	4,3	17. „ „
<i>h</i>	♀	23	0,5	16,9	5,5	4,4	17. „ „

111. *Ochthodromus geoffroyi* (Wagl.).

Charadrius geoffroyi Wagler, Syst. Av. Charadrius, p. 61, Nr. 19 (1827).

Ochthodromus geoffroyi Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIV, p. 217 (1896).

Bei der 2. Sendung befand sich ein altes Männchen im Winterkleide: * „♂ Iris braun. Long. 19 cm.. Diff. 1 cm. Schnabel schwarz. Füße graugelb. 17. April 1886“. (Mus.-Inv. Nr. 13974.)

Ueber die Unterscheidung dieser Art von der folgenden und den andern nahe verwandten Arten habe ich in meinem zweiten Beitrage (S. 146 f.) unter *Aegialitis geoffroyi* ausführlich gehandelt.

112. *Ochthodromus mongolus* (Pall.).

Charadrius mongolus Pallas, Reise Russ. Reiche III, p. 700 (1776).

Charadrius mongolicus W. Blasius, Braunschweig. Anzeigen v. 30. März 1887, Nr. 75.

Ochthodromus mongolus Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIV, p. 217 (1896).

Bei der 2. Sendung war ein fragliches Männchen im Winterkleide:
* „(? ♂) Iris braun. Long. 18 cm. Diff. 0,5 cm. Schnabel schwarz. Füsse graubraun. 19. April 1886“. (Mus.-Inv. Nr. 13 975.)

Diese Art ist durch Platen's Sammlungen *zuerst* und zwar schon 1887 ganz sicher für Celebes nachgewiesen. Mit grosser Wahrscheinlichkeit hatte ich auch schon nach einem Riedel'schen Balge 1886 auf das Vorkommen der Art in Celebes hinweisen können, bei welcher Gelegenheit ich ausführlich über die Charaktere dieser Art im Vergleiche zu den nahe verwandten Arten gehandelt habe (II. Beitrag, S. 148 ff.). Auch H. v. Rosenberg (Malay. Archipel 1878, S. 278) hatte die Art, allerdings nicht in beweisender Form, als Bewohner von Celebes aufgeführt. Meyer u. Wiglesworth irren daher, wenn sie als ersten Nachweis 4 Exemplare erwähnen, welche sie von Main an der Nordspitze, durch Ch. W. Cursham Anfang Februar 1894 erlegt, erhalten hatten (Abh. u. Ber. Mus. Dresden, 1894/95, Nr. 4, S. 3).

Fam.: RALLIDAE.

113. *Gallinula frontata* Wall.

Wallace, Proc. Zool. Soc. 1863, p. 35 u 487; Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIII, p. 168 (1894).

2 Exemplare (*a* ♂, *b* ♀), übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Long. 33 cm. Diff. 3 cm. Schnabelwurzel dunkelroth. Spitze gelblich. Füsse roth und grün. 20. Juli 1884“.

Das Männchen *a* hat eine sehr starke Entwicklung der weissen Federränder am Leibe und eine ziemlich starke Ausdehnung des Weiss am Flügelbug, scheint daher jünger zu sein, als das Weibchen *b* bei dem der Leib und Flügelbug nur Spuren der weissen Farbe zeigt. Beide Exemplare zeichnen sich durch sehr bedeutende Grösse aus, und das Männchen ist erheblich grösser als das Weibchen (vergl. die Maastabelle in meinem zweiten Beitrage, S. 158). Die Maasse der vorliegenden Bälge sind folgende:

Nr.	Geschlecht	Ala cm	Cauda cm	Culm. + Clyp. cm	Tarsus cm	Dig. med. c. ung. cm
<i>a</i>	♂	20,3	8,3	4,9	6,5	9,2
<i>b</i>	♀	19,3	7,6	5,4	5,9	8,7

114. *Amaurornis phoenicura* (Forster).

Rallus phoenicurus Forster, Zool. Ind., p. 19, pl. 9 (1781).

Amaurornis phoenicura Sharpe, Cat. Birds Brit Mus. XXIII, p. 156 (1894.)

3 Männchen (*a*, **b* und *c*), alle bezeichnet: „♂ Iris braun. Long. 25 cm. Diff. 1 cm. Schnabel (bei *c* „grüngelb“) und Füße gelbgrün“.

Der Balg *a* ist offenbar ein jüngeres Individuum mit einer heller braungrauen Farbe des Kopfes, ohne röthliche Färbung an der Wurzel, des Oberschnabels, mit nur grau überflogenen Kopfseiten und Zugeln und mit nur grauer Färbung der Brustseiten; das offenbar ältere Stück *b* dagegen hat einzelne graubraun gefärbte Stellen im Gefieder an der Basis des Unterkiefers, vor und unter den Augen, in der Ohrgegend und mit Weiss gemischt auch dicht über den Augen, ferner eine dunkler graubraune Färbung des Kopfes und schwärzliche Farbe an den Brustseiten, dabei auch röthliche Färbung der Wurzel des Oberschnabels. — Letzteres Exemplar ähnelt im Allgemeinen einem Balge, das das Braunschweiger Museum als „*var. leucomelaena*“ von dem Darmstädter Museum aus Brüggemann's Material erhielt. Das dritte Männchen *c* reiht sich den vorigen durch die überaus geringe Entwicklung der weissen Farbe an den Stirnfedern an, unterscheidet sich aber dadurch, dass den weissen Kopfseiten nur wenige dunkle Federn unter und vor den Augen eingestreut sind. — In der Vereinigung der Celebes-Vögel mit *phoenicura* folge ich meinen früheren Darlegungen (I. Beitrag, S. 311) und Sharpe's Anschauungen (l. c.), obgleich die schwärzliche Färbung an den Kopfseiten und das Fehlen einer weissen Stirnbefiederung die Unterscheidung aller vorliegenden Exemplare von den zur Vergleichung zu ziehenden Stücken von Indien, Ceylon etc. leicht ermöglicht. — Die wichtigsten Maasse unter Hinzufügung der Daten des Sammlers sind folgende:

♂	Long. cm	Diff. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Datum	Mus. - Inv. Nr.
<i>a</i>	25	1	14,0	5,2	3,2 (def.)	5,3	29. October 1884	
* <i>b</i>	25	1	15,9	6,6	3,7	5,8	30. October 1884	9736
<i>c</i>	26	1,5	15,0	5,7	3,6	5,3	3. Mai 1886	

115. *Amaurornis isabellina* (Schleg.).

Rallina isabellina Schlegel, Mus. Pays-Bas, Ralli, p. 16 (1865) (ex Temm.)

Oenolimnas isabellina Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIII, p. 86 (1894).

3 Bälge, 2 Männchen (*a* und *b*), und ein Weibchen (*c*, hierzu Eier), alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris rothbraun. Long. 30 cm. Diff. 0,5 cm (bei *c* 1 cm). Schnabel hellgrün. Füße gelbbraun.“ Beide Stücke stimmen fast genau in der Färbung mit dem früher besprochenen Riedel'schen Balge des Braunschweiger Museums überein (II. Beitrag, S. 158). Die

kleine weisse Feder am Flügelbug ist bei *a* nur rechts, bei *b* dagegen überhaupt nicht vorhanden.

Die Maasse der Bälge mit Einschluss der Daten des Sammlers sind folgende:

Nr.	Ge- schlecht	Ala cm	Cauda cm	Tarsus cm	Culmen cm	Rictus cm	Datum
<i>a</i>	♂	16,5	5,9	6,2	3,5	3,7	14. Juni 1884
<i>b</i>	♂	16,4	5,3	6,3	3,65	3,7	3. Septemb. 1884
<i>c</i>	♀	17,3	7,3	6,7	3,65	3,7	12. April 1886

116. *Poliolimnas cinerea* (Vieill.).

Porphyrio cinereus Vieillot, Nouv. Dict. XXVIII, p. 29 (1819).

Poliolimnas cinereus Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIII, p. 130 (1894)

3 Bälge, 2 Männchen (*a* und *b*: Long. 9 cm, Diff. 2 cm) und 1 Weibchen (*c* mit zugehörigen Eiern: Long. 18 cm, Diff. 1,5 cm), im Uebrigen übereinstimmend bezeichnet: „Iris blutroth. Schnabel gelblichbraun. Füsse gelbbraun“.

Die beiden grösseren Männchen stimmen in der Färbung des Kopfes mit dem Riedel'schen Balge *B* (II. Beitrag, S. 158) überein; *c* dagegen hat einen braunen Kopf, der nur wenig dunkler als bei Nr. 5389 sich zeigt. Es beweist dieser Umstand, dass fortpflanzungsfähige Weibchen eine Kopffärbung besitzen können, die mit der Färbung des Rückens noch übereinstimmt. Die wichtigsten Maasse und Daten des Sammlers giebt die folgende Tabelle an:

Nr.	Ge- schlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Dig. med. c. ung. cm	Datum
<i>a</i>	♂	9,7	5,3	c. 2,4	4,0	5,0	15. Juni 1884
<i>b</i>	♂	10,5	4,7	2,35	3,8	5,0	21. Juli 1884
<i>c</i>	♀	9,7	5,1	1,85	3,5	4,4	17. Juli 1884

117. *Hypotaenidia celebensis* (Qu. u. Gaim.).

Rallus celebensis Quoy et Gaimard, Voy. Astrol. Zool. I, p. 250, pl. 24, fig. 2 (1830).

Hypotaenidia celebensis Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIII, p. 45 (1894).

Sechs Exemplare (*a* ♂, 13. Juni; *b* ♂, 13. September; *c* ♀, 4. Juni; *d* ♀, 13. Juni; *e* ♀, 12. August 1884; *f* ♂, 3. Mai 1886), alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris blutroth. Long. 25 cm. Diff. 1,5 cm. Schnabel schwarz. Füsse graubraun.“

Die beiden Männchen (*a* und *b*) haben eine vollständig weisse Färbung des Kinns, und die Federn der Kehle und des Vorderhalses sind bei *a* etwas weniger, bei *b* dagegen sehr stark weiss berandet. Das Männchen *f* hält die Mitte zwischen *a* und *b*. Die sämtlichen

drei Weibchen dagegen haben ein bräunliches Kinn mit weissen Pünktchen und bei *c* ist die Kehle und der Vorderhals fast rein schwarz mit wenigen weissen Pünktchen, etwa die Mitte einnehmend zwischen der Färbung der in meinem II. Beitrage (S. 160) besprochenen Riedel'schen Bälge *A* und *B*, die übrigens beide ein dunkles Kinn zeigen, während *d* und *e* in der Färbung von Kehle und Hals ungefähr dem Männchen *a* entsprechen. *a* und in geringerem Grade auch *b* und *d* sind durch deutliche weissliche Supraciliarstreifen ausgezeichnet. — Bei *a* fehlt die Querbänderung auf der Innenfahne der Schwungfedern fast gänzlich und wird durch eine röthlichbraune, wurmförmige Zeichnung ersetzt; auch bei den anderen Individuen ist die Färbung der Bänder eine mehr röthlichbraune. Dieselbe Färbung zeigt sich stärker entwickelt an den hellen Bändern des Hinterleibes und den unteren Schwanzdeckfedern bei *a* und *e* und besonders stark bei *b*. — Deutlichere Spuren von bräunlichen Querbändern an den oberen Flügeldeckfedern (ähnlich wie bei dem Riedel'schen Balge *A*) besitzen *b*, *d* und *e*.

Nach allen diesen Thatsachen scheinen doch noch Färbungsverschiedenheiten bei dieser Art vorzukommen, deren Zurückführung auf verschiedenes Alter und Geschlecht noch nicht vollständig gelingt. — Die früher (l. c.) gegebene Maasstabelle vervollständige ich noch durch die folgende:

Nr.	Ge- schlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Rictus cm	Tarsus cm
<i>a</i>	♂	15,3	6,0	4,0	4,4	5,4
<i>b</i>	♂	16,0	6,4	3,8	4,2	5,1
<i>c</i>	♀	16,1	4,6 (def.)	3,55	4,0	5,0
<i>d</i>	♀	14,1	5,7	3,3	3,6	4,7
<i>e</i>	♀	14,8	6,2	3,5	3,8	5,0
<i>f</i>	♂	14,8	5,7	3,65	3,9	5,1

118. *Hypotaenidia philippensis* (Linn.).

Rallus philippensis Linne, Syst. Nat. I, p. 263 (1766).

Hypotaenidia philippensis Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIII, p. 39 (1894).

Vier Exemplare (*a*, ♂ 6. Juni; *b* ♀, 5. Juni; *c* ♀, 16. Juni; *d* ♀ 16. Juni 1884. Hierzu Eier Nr. 8); alle sind gleich bezeichnet: „Iris blutroth. Schnabel hellröthlichbraun. Füsse graubraun.“

Sämmtliche Exemplare ähneln sehr den früher besprochenen Riedel'schen Bälgen (vergl. meinen II. Beitrag, S. 162); doch sind bei den Platen'schen Balgen die braunen Farbentöne am Kopf und Rücken dunkler. In der mattgrauweisslichen Färbung der Brust stimmen alle fast vollständig mit einander überein. *b* und *c* sind hierin ähnlich *A*, *a* und *d* mehr ähnlich *B*, während *C* noch gar kein

ungebändertes Brustschild besitzt. Die Ausbildung von hellen Querbandern am Vorderrücken, nach Bruggemann ein Zeichen des höheren Alters, ist bei *a* ziemlich stark vorgeschritten. *b*, *c*, *d* und *B* nehmen hierin eine mittlere Stellung ein; die weissen Flecken sind etwas in die Quere langgezogen. Bei *A* und *C* sind es fast rundliche weisse Fleckchen, welche den Vorderrücken bedecken. Im Folgenden gebe ich noch die wichtigsten Maasse:

Nr.	Geschlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Rictus cm	Tarsus cm
<i>a</i>	♂	14,5	6,4	3,3	3,7	4,2
<i>b</i>	♀	13,0	5,7	2,95	3,2	4,0
<i>c</i>	♀	13,2	6,2	3,0	3,3	4,1
<i>d</i>	♀	13,3	5,8	3,0	3,2	4,2

119. *Rallina minahasa* Wall.

Rallus minahasa Wallace, Proc. Zool. Soc. 1862, p. 335 und 346.

Rallina minahasa Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIII, p. 78 (1894).

Sieben Exemplare (*a* ♂, 17. August; *b* ♂, 3. October; **c* ♂, 10. December; *d* ♂, 22. December; *e* ♀, 27. December 1884; *f* ♀, mit zugehörigen Eiern 2. Januar 1885; **g* ♀ juv., 19. Juli 1884); bei allen wiederholt sich auf den Etiketten: „Iris blutroth. Long. 25 cm. Diff. 2,5 cm (nur bei dem jungen Weibchen *g* 2 cm). Schnabel schwarz. Spitze unten grün. Füsse grau.“

Die sämtlichen alten Exemplare sind in der Färbung, besonders in der Ausdehnung der rothbraunen Farbe am Nacken und in der olivenbraunen Färbung des Rückens einander sehr ähnlich; da hierauf Wallace bei der ersten Beschreibung dieser Art besonders grossen Werth legt, so glaube ich, dies ausdrücklich hervorheben zu sollen. Zwischen beiden Geschlechtern ist wenig oder gar kein Unterschied in der Färbung: es fällt nur auf, dass bei den Weibchen das Kinn etwas heller ist und an der Innenfahne der Mittelschwingen die weissen Flecken deutlicher hervortreten. — Das junge Weibchen *g* befindet sich im Uebergangskleide: der Kopf hat oberseits dieselbe olivenbraune Färbung wie der Rücken, jedoch sind am Hinterkopfe und über den Augen, sowie an der Stirn rothbraune Federn eingemengt; Kinn, Kehle und Kopfseiten sind hellgraubraun mit eingestreuten rothbraunen Federn. Die rothbraune Färbung der Brust ist weniger weit nach hinten ausgedehnt und wird hier von olivenbraunen Federn, die offenbar hier anfangs die Grundfärbung ausmachten, unterbrochen. Endlich befinden sich auf den im Alter einfarbigen Aussenfahnen der Primärschwingen einige kleine weisse Tropfenflecken.

Die wichtigsten Maasse sind die folgenden:

Nr.	Ge- schlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Rictus cm	Tarsus cm	Mus.-Inv.- Nr.
<i>a</i>	♂	14,8	7,0	2,55	3,0	4,1	
<i>b</i>	♂	13,7	6,9	2,55	3,1	4,1	
* <i>c</i>	♂	14,3	8,0	2,55	3,1	4,3	9737
<i>d</i>	♂	14,2	7,1	2,55	3,0	4,4	
<i>e</i>	♀	13,7	7,4	2,45	3,0	4,15	
<i>f</i>	♀	13,2	7,0	2,4	2,85	4,2	
* <i>g</i>	♀ juv.	13,8	6,9	2,35	2,85	4,1	9738

120. *Aramidopsis plateni* (W. Blas.).

Taf. I, Fig. 3 (unten) ♂ (jun.).

Rallus plateni Wilh. Blasius, Braunschweig. Anzeigen vom 3. März 1886, Nr. 52; id., Russ' Isis 1886, S. 103; id., Braunschweig. Anzeigen vom 30. März 1887, Nr. 75; Platen, Gef. Welt 1887, S. 217.

Aramidopsis plateni Sharpe, Bull. Orn. Club, Nr. X, p. LIV, June 1893; Ibis 1893, p. 568; Cat. Birds Brit. Mus. XXIII, p. 331 (1894); Meyer und Wiglesworth, Abh. u. Ber. Mus. Dresden 1894/95, Nr. 8, S. 18 (1895).

Zwei Exemplare (**a* ♂ und **b* ♀) gehörten der 1. Sendung an, beide übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Long 33 cm. Diff. 0,5 cm. Schnabel bräunlich. Schnabelwurzel und Unterschnabel gelbgrün. Füsse schwarz. 3. Januar 1885.“

Meine erste Beschreibung der Art lautete: „*Rallus plateni* ist eine in der Grösse und Schnabelform sowie in der quergestreiften Zeichnung des Hinterleibes dem nordamerikanischen *R. elegans* sehr ähnliche Wasser-Rallen-Art; auf dem Rücken jedoch wie *R. coerulescens*, ohne Längsflecken, vorzugsweise einfach dunkelgrau, mit bräunlichem oder olivenfarbigem Tone; am Hinterkopfe und Nacken, den kleineren oberen Flügeldeckfedern dagegen olivenfarbig rothlichbraun, und an den eigenthümlich weichen, aufgelösten und verlangerten Schulter-schwingen, sowie an den benachbarten Mittelschwingen und grossen Flügeldeckfedern und (weniger intensiv) am Hinterrücken und Bürzel dunkelrothbraun bis kastanienbraun. Die Bildung der Schulter-schwingen, das überhaupt weiche Gefieder, die weiche Beschaffenheit und geringe Grösse der Schwanzfedern, sowie der Ansatz zu einem kleinen ovalen Stirnschilde bei dem Männchen deuten auf eine Verwandtschaft mit der Gattung *Habroptila* hin.“

Die Verwandtschaft mit *Habroptila* und verwandten Gattungen wie *Megacrex*, *Gymnocrex* und *Aramides* hat später Sharpe (Bull. Brit. Orn. Club, Nr. X, p. LIV, June 1893; Ibis 1893, p. 568) bestätigt, als er auf Grund der vorliegenden Exemplare die Gattung *Aramidopsis* (mit dem Typus *Rallus plateni* W. Blas.) unterschied und folgendermaassen charakterisirte:

„Genus simile generi „*Aramides*“ dicto, sed rostro longiore et graciliore, ad basin hallucem haud aequante, et sulco nasali longius producto distinguendum.“

Es dürfte die Gattung *Aramidopsis* zwischen *Habroptila* und *Aramides* eine Zwischenstellung einnehmen. Die ganz isolirte Verbreitung dieser Gattung in Nord-Celebes ist von einem besonderen Interesse.

Die Art besitzt die Grösse und Figur von *Rallus elegans* aus Nord-Amerika und hat auch eine ganz ähnliche Bildung des Schnabels, der Füsse, sowie auch der Hornspitze und des kleinen abortiven Nagels an dem Flügelbug; doch ist bei der vorliegenden Art der Schnabel an der Firste etwas breiter, in der Mitte etwas weniger verschmälert und an der Spitze mehr seitlich zusammengedrückt; die Profilansicht des Schnabels ist dabei fast dieselbe, wie bei *R. elegans*, nur ist der Unterkiefer etwas grösser und an der Spitze etwas mehr und zwar nicht winkelig oder geradlinig, sondern vielmehr in einem sanften Bogen aufwärts gekrümmt, sowie sich auch der Oberschnabel an der Spitze um eine Spur mehr aufwärts geneigt zeigt, während z. B. bei den *Aramides*-Arten der Schnabel eine Krümmung nach unten besitzt. Die Zehen und besonders auch die Krallen sind etwas kräftiger, als bei *R. elegans*. Die beiden seitlichen Vorderzehen unterscheiden sich von einander nicht merklich in der Länge, der äussere ist nur wenig länger, als der innere. — Die wichtigsten plastischen Charaktere liegen jedoch in der Ausbildung des Gefieders. Die vorliegende Art hat ein sehr weiches lockeres Gefieder, besonders auf dem Rücken, an dem überaus kurzen und nur aus lockeren Federn bestehenden Schwanz, den Weichen und Seiten des Hinterleibes und Bürzels (diese Federn sind stark gelöst und lang, so dass sie die Schwanzspitze fast erreichen oder überragen) und an den Flügeln, an denen die Primarschwinge weiche, biegsame Schäfte besitzen und die inneren Secundär- und die Tertiärschwinge vollständig gelockert erscheinen und an Grösse die Handschwungfedern erreichen oder sogar überragen. — Diese letzteren sind breit mit breiter Aussenfahne (6 bis 8 mm): die erste bleibt c. 2,7 cm, die zweite c. 1 bis 1,5 cm, die dritte 0,5 cm hinter der vierten an Länge zurück, welcher dann die fünfte, sechste und siebente ungefähr gleich sind, während von der achten (bisweilen auch schon von der siebenten) an die Schwungfedern allmählich um wenige Millimeter kürzer werden. Bei dem Weibchen ist keine Spur einer besonderen rundlichen Erweiterung und Erhebung der Schnabelfirste an der Basis, eines sogenannten „Ansatzes zu einer Stirnplatte“, wie sich A. Reichenow (Vögel der Zoolog. Gärten I, S. 112) ausdrückt, zu sehen, während allerdings bei dem Männchen eine kleine ovale Stelle von wenigen Millimetern Durchmesser an der Basis der Schnabelfirste vielleicht so gedeutet werden konnte.

Die Färbung des Gefieders ist eine sehr auffallende: die Oberseite

ist theils schwarzlichgrau mit bräunlichem oder olivenfarbigem Tone gemischt, theils rothbraun bis kastanienbraun gefärbt, die Handschwungfedern und äussersten Mittelschwingen sind von oben und unten gesehen braun; die Unterseite des Körpers ist schiefergrau, zum Theil mit zarten weissen Rändern an den einzelnen Federn; der Hinterleib, die Weichen, die unteren Flügeldecken, der Schwanz mit seinen Deckfedern braunschwärzlich mit schmalen weissen Querbändern; Brust und Hals nehmen einen etwas heller grauen Farbenton an, zum Theil mit bräunlichem Anfluge, Kinn und Kehle sind weiss, während die vollständig befiederten Kopfseiten schiefergrau oder hell braungrau erscheinen. — Die Vertheilung der Farben auf der Oberseite ist der Art, dass sich das Dunkelgrau am reinsten am Vorderrücken (Mantel) und Vorderkopf findet. Hinterkopf und Nacken, sowie die oberen Flügeldeckfedern sind mehr oder weniger rothlichbraun, mit Olivenfarbe übergossen und gegen die benachbarten Stellen allmählich abgestuft; die grossen oberen Flügeldeckfedern, die inneren Ränder der inneren Mittelschwingen, sowie die gelockerten Tertiärschwingen sind dunklerrothbraun bis kastanienbraun; eine ähnliche Färbung, nur weniger intensiv und mehr olivenfarbig zeigen die Federn des Hinterrückens und Bürzels. — Die Füsse sind im trockenen Balge braunschwarz, die Krallen heller braun; der Schnabel an der Spitze und Firste hornbraun, übrigens hellgelblich (der im lebenden bzw. frischen Zustande beobachtete grünliche Ton der gelben Farbe ist verschwunden).

Zwischen den beiden mir vorliegenden typischen Exemplaren dieser Art, die mit verschiedener Geschlechtsbezeichnung vom Sammler versehen sind, zeigen sich einige kleine Differenzen, die vielleicht als Geschlechts-, vielleicht auch, wenigstens theilweise, als Altersunterschiede zu deuten sind: Bei dem Männchen erreichen die gelockerten Tertiärschwingen nicht ganz die Flugelspitze, die gelockerten verlängerten Federn der Weichen nicht ganz die Schwanzspitze; die Firste ist an der Schnabelbasis etwas erhöht und mit einer kleinen ovalen, nur wenige (2:4,5) Millimeter im Durchmesser messenden plattenartigen Erweiterung versehen. Die rothbraune Färbung im Nacken ist intensiver und auch der Fläche nach weiter ausgedehnt, sie geht allmählich abgestuft durch olivenfarbene Beimischung, auf dem Oberkopfe weiter nach vorn und bis an die Kopf- und Halsseiten, sowie auch auf dem Rücken weiter nach hinten; das schwärzliche Grau des Rückens ist fast überall etwas olivenfarbig, und das Schiefergrau von Brust und Hals bräunlichgrau abgetönt oder übergossen; auf dem Hinterrücken und Bürzel ist das Kastanienbraun deutlicher entwickelt und weniger olivenfarbig abgetönt; das Weiss an Kinn und Kehle ist weniger rein und seitlich mit etwas Rostfarbe an der grauen Kopfseite begrenzt. — Bei dem Weibchen dagegen überragen die betreffenden gelockerten Federn die Flügel- und Schwanzspitze;

die Schnabelfirste ist an der Basis nicht erhöht und nach hinten zu gleichmässig erweitert, ohne auch nur die Spur von der Bildung einer Platte zu zeigen. Nacken und kleine obere Flügeldeckfedern sind fast nur olivenbraun gefärbt und zeigen nur weniger intensiv die beim Männchen stark hervortretende rothbraune Färbung, die sich hier kaum bis zum Hinterkopfe, gar nicht auf die rein grauen Kopfseiten und wenig auf den Rücken und die kleinen Flügeldecken ausdehnt; der Mantel hat in der Mitte eine fast rein schwärzlichgraue Färbung ohne Beimischung von Olivenfarbe; Vorderleib, Brust und Hals sind von fast rein schiefergrauer Grundfarbe ohne bräunliche Beimischung; der Hinterrücken und Bürzel sind olivenbraun, fast ohne Beimischung von Roth- oder Kastanienbraun; das Weiss an dem Kinn ist ganz rein und färbt sich nur an den hinteren Theilen der Kehle etwas grau; an den Seiten ist es von rein schiefergrauer Färbung eingerahmt ohne Rostfarbe.

Es scheint mir das beschriebene und auf der Tafel abgebildete Männchen jünger als das Weibchen zu sein, und deshalb dürften einige Eigenschaften desselben als Jugendcharaktere zu deuten sein.

Mit der 2. Sendung erhielt ich noch ein zweites Männchen *c* mit der Bezeichnung: „♂. Iris braun. Long. 34 cm. Diff. 0,5 cm. Schnabel rothbraun, die Mitte gelbgrün, Spitze braun. Füsse dunkelgrau. 24. October 1886.“

Dieses Männchen stimmt mit dem zuerst beschriebenen Männchen in der Grösse und Färbung sehr gut überein. Nur fehlt hier eine Erweiterung des Oberschnabels an der Basis fast gänzlich; ein Paar Längsfalten deuten nur darauf hin, dass vielleicht im frischen Zustande eine solche bestanden hat. Der Schnabel ist im trockenen Zustande an der Basis röthlich, in der Wurzelhälfte des Unterschnabels orange-röthlich. Von dem oben beschriebenen männlichen Exemplare unterscheidet sich dieses Stück dadurch, dass die gelösten Tertiärschwinge die Flügelspitze überragen, die gelösten Schwanzdeckfedern die Schwanzspitze erreichen und dass die Färbung von Kopf, Hals, Kinn und Kehle sich der Färbung bei dem Weibchen annähert. Diese Eigenschaften des erstbeschriebenen Männchens scheinen daher auf Rechnung grösserer Jugend zu kommen. Dagegen ist die Färbung der Unterseite und des Rückens bis zum Nacken wie bei dem oben erwähnten Männchen und unterschieden von derjenigen des Weibchens. Dies dürften daher Charaktere des männlichen Geschlechts sein.

Das letztbesprochene zweite Männchen ist in das Museum Heine-mann in Halberstadt gelangt. Später haben die Herren P. u. F. Sarasin noch zwei Exemplare, ein Pärchen (♂ ad. und ♀ ad.) im April und am 3. Mai 1894 bei Tomohon erbeutet, die Meyer und Wiglesworth erwähnen. Sonst scheint die Art noch wenig oder gar nicht gesammelt

zu sein und zu den grössten Seltenheiten in den zoologischen Museen zu gehören.

Im Folgenden gebe ich noch eine möglichst genaue Ausmessung der drei für die wissenschaftliche Forschung zuerst entdeckten Exemplare:

Aramidopsis plateni Mus.-Inv.-Nr.	♂ <i>a</i> 9739	♀ <i>b</i> 9740	♂ <i>c</i>
Longitudo tot.	32,5	30,5	32,7
Ala (Remig. prim. quarta)	15,0	15,0	14,3
Cauda	3,5	3,3	3,7
Culminis Longitudo . . .	c. 5,4 (def.)	5,7	5,5
" Latitudo basal. . .	0,55	0,5	0,53
" " med.	0,3	0,28	0,31
Rostris Altitudo basal. . .	1,2	1,2	1,32
" " med.	0,9	0,85	0,86
Mandibulae Lat. basal. . .	0,95	0,8	1,0
" " med.	c. 0,45	c. 0,37	c. 0,38
Pars nuda Tibiae	c. 2,0	c. 2,0	c. 2,1
Tarsus	6,2	5,9	5,7
Dig. med. c. ung.	c. 6,15	6,0	5,5
" lat. ext. c. ung. . .	4,6	4,6	4,35
" " int. " " . . .	4,5	4,5	4,15
" post. c. ung.	1,9	1,9	c. 2,0
Unguis dig. med.	1,15	1,05	1,03

In der beigegebenen Tafel ist nach einem Aquarell von J. G. Keulemans das junge ♂ *a* Nr. 9739 in halber natürlicher Grösse zur Abbildung gelangt, wobei die etwas defecte Schnabelspitze nach dem ♀ *b* Nr. 9740 ergänzt ist.

121. *Gymnocrex rosenbergi* (Schleg.).

Rallana rosenbergi Schlegel, Nat. Tijds. Dierk. III, p. 212 (1866).

Gymnocrex rosenbergi Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIII, p. 52 (1894).

Drei Exemplare (*a* ♂, 11. December 1884; *b* ♀, 17. December 1884; **c* ♀, 5. Januar 1885), alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris rothbraun. Long. 35 cm. Diff. 0,5 cm. Schnabel graubraun, Spitze graugrün. Augenring graublau. Füsse graubraun.“

Das Männchen unterscheidet sich von den beiden Weibchen durch hellere Befiederung an der Stirn und einen etwas helleren, mehr grauen Farbenton der schwärzlichen Unterseite, sowie durch den Mangel heller Federn am Flügelbug, wenn man von wenigen, ganz versteckt liegenden absieht. Das Hinterhaupt ist rothbraun gefärbt und geht nach vorn in ein mattes Hellbraun über. In der Färbung des Kopfes unterscheiden sich beide Weibchen etwas von einander: *c* ähnelt sehr dem Männchen und hat, wenn auch an der Stirn etwas

dunkler, wie dieses einen röthlichen bezw. hellbraunlichen Farbenton desselben; bei *b* dagegen ist der Oberkopf schwärzlichbraun gefarbt und die weisslichen Federn am Flügelbug sind zahlreicher entwickelt, die weissen Spitzen der unteren Flügeldeckfedern etwas röthlich gefärbt; wahrscheinlich ist dies, da bei *b* Schnabel und Tarsus geringere Maasse aufweisen, eine Jugendfärbung.

Die Gattungscharaktere, welche Salvadori (Ann. Mus. Civ. Genova, Vol. VII, 1875, p. 38) zuerst aufgestellt hat und welche ein Jahr später Brüggemann (Abh. Naturw. Vereins Bremen, Bd. V, S. 94) dazu benutzte, seine Gattung *Schizoptila* neu zu beschreiben, werden, sowie die übrigen Charaktere der Art, durch die vorliegenden drei Bälge bestätigt: Die Flügelspitze wird von der 3., 4., 5. und 6. Schwinge gebildet, von denen die 4. die anderen etwas überragt. So verhalten sich alle Bälge, während in der Abstufung der Schwingen sonst kleine Unterschiede bestehen.

Nr.	Geschlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Tarsus cm	Museum- Inv.-Nr.
<i>a</i>	♂	19,7	7,2	c. 4,3 (def.)	7,3	
<i>b</i>	♀	20,1	7,1	3,95	6,9	
* <i>c</i>	♀	19,7	7,2	4,2	7,3	9742

Fam.: SCOLOPACIDAE.

122. *Numenius phaeopus variegatus* (Scop.).

Scolopax phaeopus Linne, Syst. Nat. I, p. 243 (1766) (partim).

Tantalus variegatus Scopoli, Del. Flor. et Faun. Insub. II, p. 92 (1786)
(ex Sonnerat).

Numenius phaeopus variegatus Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIV, p. 361
(1896)

Drei Exemplare (**a* ♂, 19. März 1885, Long. 45 cm; *b* ♀, 11. März 1885, Long. 47 cm; *c* ♀, 11. März 1885, Long. 47 cm), alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris braun. Diff. — 1 cm. Schnabel schwarz, an der Wurzel und unten gelblichweiss. Füsse bleigrau.“

Alle zeigen die charakteristische Färbung der Bürzelfedern: weiss mit braunen Flecken. Ob danach diese östliche Form von *N. phaeopus* wirklich abgetrennt werden kann, wage ich nicht zu entscheiden. Im Braunschweiger Museum sind mehrere Exemplare von Helgoland, die demnach beinahe auch als *variegatus* bezeichnet werden müssten. Vergleichen kann ich hier von der östlichen Form einen Balg von den „Molukken“, ein gestopftes Exemplar von Java, das aus dem Leydener Museum stammt, und ein ebensolches von Padang auf Sumatra, das von der Henrici'schen Reise herrührt. In der etwas schmutzigen

Färbung des Unterleibes ähnelt das Java-Stück dem Weibchen *c*, die beiden von Sumatra und den Molukken dem Weibchen *b*, während das Männchen *a* ein reines Weiss an diesen Stellen hat. Bei allen sechs Individuen ist die Aussenfahne der ersten fünf bis sechs Schwingen ungefleckt. In der Rückenfärbung und der geringen Entwicklung der weissen Mittellinie auf dem Kopfe sind alle sehr ähnlich.

Im Folgenden gebe ich noch die Maasse der drei Celebes- und der anderen zum Vergleich herangezogenen Exemplare:

Numenius phaeopus variegatus	Ge- schlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen gerade gemessen cm	Tarsus cm	Museum- Inv.-Nr.
Celebes * <i>a</i>	♂	23,5	9,2	8,3	6,1	9743
„ <i>b</i>	♀	24,0	10,1	9,0	6,1	
„ <i>c</i>	♀	24,4	9,9	8,7	6,1	
Molukken	„	21,5	8,2	c. 8,2 (def.)	5,3	
Java	„	24,2	9,8	8,6	6,0	
Sumatra	„	c. 22,7	9,2	8,2	5,8	

123. Totanus glareola (Linn.).

Tringa ochropus β . *glareola* Linne, Syst. Nat. I, p. 250 (1766).

Rhyacophilus glareola Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIV, p. 491 (1896).

Zwei Weibchen (*a* und *b*), beide bezeichnet: „♀. Iris braun. Long. 20 cm. Diff. — cm. Schnabel schwarz. Füsse gelbbraun. 22. October 1884.“

In der Färbung stimmen beide Exemplare mit dem früher erwähnten Riedel'schen Balge (I. Beitrag, S. 314) besser, als mit dem Platen'schen Exemplare aus Süd-Celebes überein, obgleich (wohl besonders bei *b*) die Schaftstriche an der Brust etwas stärker als bei jenem entwickelt scheinen. Die wichtigsten Maasse sind folgende:

Nr.	Ge- schlecht	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm
<i>a</i>	♀	12,4	5,3	2,75
<i>b</i>	♀	12,4	5,3	2,95

124. Totanus brevipes Vieill.

Vieillot, N. Dict. d'Hist. Nat. VI, p. 410 (1816).

Totanus incanus W. Blasius, Ornith. IV, S. 628 (1888).

Heteractitis brevipes Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIV, p. 449 (1896).

* „♀. Iris braun. Long. 26 cm. Diff. — cm. Schnabel graubraun. Füsse grauviolett. 20. März 1885.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9744.)

Sehr ähnlich einem Männchen, das Platen auf Gross-Sanghir gesammelt hatte: Brust einfarbig grau, an den Flügeldeckfedern nur Spuren weisser Berandung.

Nach den Ausführungen Sharpe's (l. c.) ist die in Ost-Sibirien, Kamtschatka, Japan, China bis zu dem Malayischen Archipel, den Papuasischen Inseln und Australien verbreitete Art *T. brevipes*, während *T. incanus* von Amerika durch den Stillen Ocean bis zu den Neuen Hebriden und vielleicht NO.-Australien verbreitet ist. Hier-nach ist die Benennung, welche auch ich früher für die malayischen Vögel angewendet habe, zu corrigiren, wenn Sharpe's Meinung die richtige ist.

125. *Tringoides hypoleucus* (Linn.).

Tringa hypoleucus Linne, Syst. Nat. I, p. 250 (1766).

Tringoides hypoleucos W. Blasius, Ornith. IV, p. 628 (1888).

Tringoides hypoleucus Sharpe, Cat. Birds Brit. Mus. XXIV, p. 456 (1896).

„♂. Iris braun. Long. 18 cm. Diff. 1 cm. Schnabel schwarz. Füsse gelbbraun. 30. October 1884.“

Das Exemplar stimmt in Färbung und Grösse fast vollständig mit den Riedel'schen Bälgen des Braunschweiger Museums überein (II. Beitrag, S. 165); nur sind die weisse Kehle und Brust fast ohne dunkle Schaftstriche.

Fam.: ARDEIDAE.

126. *Ardea purpurea* Linn.

Linne, Syst. Nat. I, p. 236 (1766); Salvadori, Uccelli di Borneo, p. 345 (1874); Platen, Gef. Welt 1887, S. 206.

Phoyx purpurea Sharpe, Ibis 1896, p. 254.

Drei Exemplare, 2 Männchen (*a*, 22. October 1884 und *b*, 25. October 1884) und 1 Weibchen (*c*, 21. October 1884). Bei allen wiederholt sich auf den Etiketten: „Iris hellgelb. Long. 75 cm (beim ♀ *c* „82 cm“). Diff. — cm. Schnabel oben schwarz, unten gelbgrün. Füsse gelbbraun.“

a und *b* sind schön ausgefärbt; *a* besitzt eine bedeutende Grösse und übertrifft sogar in einigen Maassen noch das grosse Exemplar aus Süd-Celebes, das ich früher erwähnte (I. Beitrag, S. 316). Das verhältnissmässig sehr grosse Weibchen *c* hat einen rostbraunen Leib und ähnlich gefärbte breite Ränder an den Mittelschwingen und oberen Flügeldeckfedern, sowie an den stark verlängerten und zerschlossenen Schulterfedern.

127. *Herodias intermedia* (Wagl.).

Ardea intermedia Wagler, Isis 1829, S. 659.

Herodias intermedia Salvadori, Ornithologia della Papuasias III, p. 352 (1882)

Mesophoyx intermedia Sharpe, Ibis 1896, p. 254

* „♀. Iris hellgelb. Long. 55 cm. Diff. — cm. Schnabel hellgelb. Füsse schwarz. 10. März 1885.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9746.)

Das Stück stimmt ziemlich überein in der Schnabelform mit einem Exemplare aus Amboina und einem als „*H. garzetta*“ bezeichneten Balge aus Japan, die sich im Braunschweiger Museum befinden: Der Schnabel ist nur im Allgemeinen schlanker und weniger hoch, als bei anderen Individuen dieser Art. Die zahlreichen, stark verlängerten Haubenfedern, die ebenso gestalteten Brustfedern (die zerschlissenen Schulterfedern erreichen die Flügelspitze) und der helle Schnabel sprechen für *H. intermedia*. Die wichtigsten Maasse sind: Ala 27,3; Cauda 8,8; Tarsus 8,8; Culmen 7,6; Rictus 9,8 cm.

128. *Bubulcus coromandus* (Bodd.).

Cancroma coromanda Boddaert, Tabl. Pl. Enl., p. 54 (1783) (ex D'Aubent.).
Bubulcus coromandus Salvadori, Ornitologia della Papuasias III, p. 357 (1882); Sharpe, Ibis 1896, p. 254.

Zwei junge Männchen (*a* und *b*), beide übereinstimmend bezeichnet: „♂ juv. Iris hellgelb. Long. 45 cm. Diff. — cm. Schnabel hellgelb. Füsse schwarz. 22. October 1884.“

Beide Individuen stimmen in der Färbung und Grösse ungefähr mit dem in meinem I. Beitrage (S. 318) ausführlicher erwähnten Duyvenbode'schen Balge Nr. 5751 überein. Dass schon der Sammler die beiden Stücke als „jung“ bezeichnet hat, bestätigt, dass in der Jugend ein reinweisses Gefieder vorhanden ist, das sich erst im Alter an einigen Stellen rostbräunlich färbt.

129. *Ardetta cinnamomea* (Gml.).

Ardea cinnamomea Gmelin, Syst. Nat. I, p. 643 (1788).
Ardetta cinnamomea Salvadori, Uccelli di Borneo, p. 354 (1874); Sharpe, Ibis 1896, p. 256.

„♂. Iris hellgelb. Long. 32 cm. Diff. — cm. Schnabel gelbbraun. Füsse gelbgrünlich. 15. Juni 1884.“

Das Exemplar hat einen etwas kürzeren Schnabel, als das Riedel'sche alte Männchen des Braunschweiger Museums, ist aber sonst kaum davon zu unterscheiden, weder in der Grösse, noch in der Färbung (vgl. meinen I. Beitrag, S. 323).

130. *Ardetta eurythma* (Swinh.).

Swinhoe, Ibis 1873, p. 74, pl. II.
Botaurus eurythmus A. Reichenow, Journ. f. Orn. 1877, S. 245.
Nannocnus eurythmus Sharpe, Ibis 1896, p. 256.

* „♂. Iris orange, innen hellgelb. Long. 26 cm. Diff. — cm. Schnabel oben schwarzbraun, an den Seiten und unten, sowie die Füsse gelbgrün. 29. October 1884.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9747.)

Die Art ist in der Litteratur zuerst von Meyer u. Wigglesworth (Abh. u. Ber. Mus. Dresden 1894/95, Nr. 8, S. 19, 1895) für Celebes nachgewiesen, als sie das anfangs (ibid. Nr. 4, S. 2) von ihnen als *Ardetta riedeli* beschriebene Stück für ein männliches Jugend- oder ein weibliches Kleid dieser Art erklären konnten. Auch ich hatte zuerst das vorliegende Exemplar, das übrigens fast genau der Swinhoe'schen Beschreibung und Abbildung entspricht, nicht richtig beurtheilt, sonst würde ich schon 1886 nach Platen's Balge, dem ersten dort nachweislich erbeuteten Exemplare, die Art für Celebes haben feststellen können.

131. *Butorides javanica* (Horsf.).

Ardea javanica Horsfield, Transact. Linn. Soc. XIII, p. 190 (1821).

Butorides javanica Salvadori, Ornitologia della Papuasia III, p. 359 (1882); Sharpe, Ibis 1896, p. 255.

Sieben Exemplare, fünf Männchen (*a* bis *d* und *g*) und zwei Weibchen (*e* und *f*), alle übereinstimmend bezeichnet: „Iris hellgelb. Diff. — cm (nur bei *g* „0,5 cm“). Schnabel schwarz. Füße gelbbraun.“

Sämmtliche Stücke sind mehr oder weniger in der Färbung übereinstimmend. Je länger jedoch der Schopf von schwarzen Kopffedern, desto weniger Braun ist den verlängerten Rückenfedern beigemischt; der Schopf ist bei *c* am kürzesten, bei *e* und *f* von mittlerer Länge, bei den vier anderen dagegen lang und fast bis zur Mitte des Rückens reichend. Die Flügeldeck- und Schwungfedern sind überall mit schmalen hellen Rändern versehen, ganz ähnlich dem Balge Nr. 5753 aus Halmahera und dem einen Riedel'schen Balge *A* (vgl. meinen II. Beitrag, S. 167); bei *b*, *d* und *e* sind diese Ränder weisslich, bei den übrigen mehr rostgelblich.

Die wichtigsten Maasse zusammen mit den Daten des Sammlers giebt folgende Tabelle wieder:

Nr.	Geschlecht	Long. cm	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Rictus cm	Tarsus cm	Datum
<i>a</i>	♂	35	16,8	6,3	5,8	7,55	4,4	30. Sept. 1884
<i>b</i>	♂	35	16,7	6,0	5,6	7,4	4,4	28. Februar 1885
<i>c</i>	♂	34	17,1	6,2	5,4	7,5	4,5	28 „ „
<i>d</i>	♂	35	17,3	6,1	5,7	7,5	4,8	6. März „
<i>e</i>	♀	33	17,5	6,2	5,9	7,9	4,5	30. Sept. 1884
<i>f</i>	♀	33	16,8	5,9	6,1	7,6	4,5	5 October „
<i>g</i>	♂	33	17,5	7,0	5,6	7,4	4,5	19. April 1886

132. *Butorides macrorhyncha* (Gould).

Ardetta macrorhyncha Gould, Proc. Zool. Soc. 1848, p. 39

Butorides macrorhyncha Salvadori, Uccelli di Borneo, p. 353 (1874)

* „♂. Iris hellgelb. Long. 49 cm. Diff. 3 cm. Schnabel schwarz, unten gelbgrün. Füße gelbbraun. 9. November 1884.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9748.)

Das im Gefieder offenbar gut ausgebildete Exemplar unterscheidet sich auf den ersten Blick durch die Grösse und Färbung so auffallend von den zahlreichen Bälgen ausgewachsener Exemplare von *Butorides javanica* und stimmt in allen diesen Beziehungen so gut mit der Originalbeschreibung Gould's überein, sowie auch in den wesentlichsten Färbungsgesetzen mit einem Riedel'schen Balge des Braunschweiger Museums von der Minahassa (vgl. meinen II. Beitrag, S. 169), dass ich an der Artberechtigung, im Gegensatz zu Reichenow, welcher nur eine Subspecies anerkannte (Journ. f. Ornith. 1877, S. 254) und Sharpe, welcher die Art in der Liste der *Ardeiden*-Arten, die er im XXVII. Vol. des Cat. Birds Brit. Mus. zu bearbeiten gedenkt, nicht mit auführt (Ibis 1896, p. 254 ff.), nicht mehr zweifeln kann, sowie auch an dem Vorkommen der Art auf Celebes, welches hierdurch eine dritte Bestätigung erhält. Von dem Riedel'schen Balge unterscheidet sich das Stück durch weniger und schmalere helle Streifen auf dem Kopfe, durch eine längere Entwicklung und dunklere Färbung der Schopffedern, sowie durch lanzettförmig verlängerte graugrüne Rückenfedern. Es spricht dieser letztere Charakter ganz besonders für die Ansicht, dass das gefleckte Jugendkleid, das *B. javanica* offenbar schon in früherer Zeit verliert, bei *B. macrorhyncha* bis in ein höheres Alter verbleibt. — Die Maasse der beiden Stücke sind folgende:

Butorides macrorhyncha	Ala cm	Cauda cm	Culmen cm	Rictus cm	Tarsus cm
Platen ♂	20,7	7,4	6,3	8,6	5,4
Riedel	20,4	7,2	6,5	9,0	5,4

133. *Gorsachius goisagi* (Temm.).

Nycticorax goisagi Temminck, Pl. Col. 582 (1836).

Gorsachius goisagi Salvadori, Ornitologia della Papuasias III, p. 370 (1882);
W. Blasius, Braunschweig. Anzeigen v. 3. März 1886, Nr. 52, Sharpe,
Ibis 1896, p. 255.

* „♀. Iris goldgelb. Long. 37 cm. Diff. — cm. Schnabel gelbgrün. oben schwärzlich. Nackte Theile grünlich. Füsse graugrün. 6. Februar 1885.“ (Mus.-Inv.-Nr. 9745.)

Dass es sich bei dem vorliegenden, verhältnissmässig kleinen und kurzschnäbligen Balge um dieselbe Art handelt, welche Cabanis 1881 von den Philippinen als *Butio kutteri* beschrieben hat (Ornithologisches Centralbl. 1881, S. 159; Journ. f. Ornith. 1881, S. 425 und 1882, Taf. III), unterliegt für mich keinem Zweifel. In allen wesentlichen Kennzeichen stimmt das Celebes-Exemplar mit der Abbildung überein; es wäre nur zu bemerken, dass der Kopf mit den nicht sehr stark entwickelten Schopffedern nicht ganz so schwärzlich gefärbt ist, wie die Abbildung dies zeigt, dass es sich hier vielmehr um ein dunkles, mit Braunschwarz

gemischtes Purpurkastanienbraun handelt, dass ferner nur die ersten beiden Schwungfedern vor dem rothbraunen Ende noch eine kleine weisse Spitze besitzen, während bei den folgenden das Rothbraun die ganze Spitze einnimmt, dass die am Rande befindlichen kastanienbraunen und die mittleren schwarzen Flecken, welche die Innenfahne der sonst hellen Brustfedern schmücken, langgestreckt sind und der Hinterleib fast einfarbig weiss bzw. isabellfarben mit wenig hellbrauner Zeichnung erscheint. Die Schnabelform entspricht der kleinen Figur auf der genannten Tafel mehr, als der grossen, bei welcher offenbar die bedeutendere Höhe des Schnabels an der Schnabelwurzel fälschlich nicht genügend klar hervortritt.

Bei dem vorliegenden Balge nimmt, — von der Spitze abgesehen, die eine stärkere Verjüngung nach vorn in Folge starker Krümmung der Firste zeigt, — der kurze Schnabel gleichmässig nach hinten an Höhe zu. Die Spitzen der durchaus keine weissen Flecken zeigenden Schopffedern sind kastanienrothbraun mit Purpurglanz; ebenso gefärbt sind die Nackenfedern, an denen jedoch schon die schwarze wurmformige Zeichnung beginnt, die weiterhin an dem mit ebensolcher Grundfarbe versehenen Mantel und den allmählich heller werdenden oberen Flügeldeckfedern einen sehr hohen Grad erreicht. Der aus schwärzlichbraunen Flecken gebildete dunkle Mittelstreifen an dem sonst hellweisslichen Kinn und der hellen Kehle ist sehr deutlich entwickelt. Der im vorliegenden Balge aus elf Federn bestehende Schwanz ist einfarbig braungrau, oberseits etwas dunkler und fast schwärzlich. Die oberen Schwanzdeckfedern sind kurz und von derselben Farbe; die unteren lang, weisslich mit isabellfarbenen Rändern und neben denselben mit braungrauen Flecken unregelmässig gezeichnet. Die Grosse des Balges ist eine verhältnissmässig geringe, wie solche Cabanis als für *Butio kutteri* charakteristisch hingestellt hat. Da mir ausser diesem einen Balge von der Gattung kein anderes Material vorliegt, so ist es mir selbstverständlich nicht möglich, neue Gründe beizubringen für oder wider die Unterscheidung der drei Formen *melanolophus* (Raffl.), *goisagi* (Temm.) und *kutteri* (Caban.), von denen eine der ersteren jedenfalls mit *limnophylax* (Temm.) identisch ist, und die man wahrscheinlich nur in zwei Arten, eine grössere (*melanolophus*) und eine kleinere (*goisagi*) zerlegen darf. Jedenfalls ist wohl Rosenberg's „*limnophylax*“ von Celebes als mit dem vorliegenden Balge identisch anzusehen. Zur späteren Entscheidung der in den letzten Jahrzehnten wieder vielfach erörterten Frage (vergl. Walden, Transact. Zool. Soc., Vol. IX, 1875, p. 238; Salvadori, Ornitol. della Papuasias, Vol. III, 1882, p. 370; R. G. Wardlaw Ramsay, Ibis, 1884, p. 335; J. Buttikofer, Notes Leyden Museum, Vol. IX, 1887, p. 84 — 91; A. B. Meyer und L. W. Wigglesworth, Abh. u. Ber. Mus. Dresden 1894/95, Nr. 9, 1895, S. 8 etc.), dürfte bei der Seltenheit der Beobachtung dieser Art auf den malayischen Inseln es

nicht überflüssig gewesen sein, das vorliegende Exemplar etwas eingehender zu beschreiben, und ebenso auch von Vortheil sein, die Maasse desselben im Folgenden noch genau zu geben: Long. tot. 42,5; Ala 25,0; Cauda 9,6; Culmen 4,0; Rictus 5,6; Rostri altitudo basal. 1,55; Tarsus 6,8; Dig. med. c. ung. 5,3; Uguis dig. med. 1,1 cm.

Am Schlusse der Aufzählung der verschiedenen Arten angelangt, wollen wir nochmals in zusammenfassendem Rückblicke feststellen, dass Platen aus der Ordnung der Papageien (*Psittaci*) 7, Raubvögel (*Rapaces*) 20, spechtartigen Vögel (*Picariae*) 26, sperlingsartigen Vögel (*Passeres*) 37, Tauben (*Columbae*) 15, Hühner (*Gallinae*) 4, Sumpfvögel (*Grallae*) 24 Arten eingesandt hat, während die Schwimmvögel (*Natatores*) auffallender Weise vollständig fehlen. Von den Familien sind besonders zahlreich die Falken (*Falconidae*) mit 16 Arten und einer neuen Unterart oder Varietät, die Eisvögel (*Alcedinidae*) mit 8 Arten, die Kuckucke (*Cuculidae*) mit 8 Arten, die Fruchttauben (*Treronidae*) mit 10 Arten, die Rallen (*Rallidae*) mit 9 Arten und die Reiher (*Ardeidae*) mit 8 Arten vertreten. — Abgesehen von den für die Wissenschaft neuen Arten hat sich eine grössere Anzahl von Funden als in faunistischer Beziehung besonders interessant herausgestellt. Von mehreren Arten, die bisher immer nur in wenigen Exemplaren zur Vergleichung gezogen werden konnten, ermöglichten es die Platen'schen Sammlungen, zahlreiche Stücke gleichzeitig zu untersuchen, wodurch die Kenntniss dieser zum Theil noch immer zu den grössten Seltenheiten in den Museen gehörenden Arten nicht unwesentlich gefördert sein dürfte, wie z. B. bei *Meropogon forsteni*, *Leucotreron fischeri* und *Carpophaga poecilorrhoea*. — Ueber die Eigenthümlichkeiten der Vogelfauna von Celebes, die ich in meinen früheren Abhandlungen über die Vögel dieser Insel wiederholt erörtert habe, und die manche thiergeographische Räthsel darbieten, welche noch ihrer Lösung harren, will ich es unterlassen, an dieser Stelle ausführliche Darlegungen zu geben. Ich glaube dies um so eher thun zu dürfen, als wir, wie ich schon in der Einleitung erwähnte, binnen Kurzem auf das Erscheinen des grossen zusammenfassenden Werkes von A. B. Meyer und L. W. Wiglesworth über die Vögel von Celebes rechnen dürfen.



1. 2. *Dicaeum nehrkorni* W. Blas. ♂ u. ♀

3. *Aramidopsis plateni* (W. Blas.) ♂ jun.

ÜBER DIE
CENTRALE WASSERVERSORGUNG
DER
GEMEINDEN
DES
HERZOGTHUMS BRAUNSCHWEIG.

VON
R. BLASIUS UND H. BECKURTS.

Zu den vornehmsten Aufgaben der praktischen Hygiene gehört die Versorgung menschlicher Wohnstätten mit einem guten und reinen Trinkwasser. Nachdem allgemein die wichtige Rolle anerkannt ist, welche das Wasser bei zahlreichen Infectionskrankheiten als Krankheitsvermittler spielt, dürfte die Forderung, dass ein Trinkwasser nicht nur von Krankheitskeimen frei, sondern auch vor der Möglichkeit des Hineingelagens von Krankheitskeimen geschützt ist, keinen Widerspruch mehr finden. Auch ist es unbestritten, dass dieser Forderung nur dann in vollem Umfange genügt werden kann, wenn die Trinkwasserversorgung eine *centrale* ist. Diese Erkenntniss findet ihren Ausdruck in dem seit mehreren Jahrzehnten besonders bemerkbaren Streben, nicht nur den grösseren, sondern auch den kleineren Gemeinden und öffentlichen, zur Unterbringung einer grösseren Anzahl von Menschen bestimmten Anstalten etc. die Wohlthat centraler Wasserversorgung zu Theil werden zu lassen.

Für die centrale Versorgung mit Trinkwasser können bekanntlich *Quellwasser*, *Grundwasser* und *Flusswasser* in Betracht kommen.

Die zweifellos vorzüglichste Wasserversorgung in hygienischer Beziehung ist diejenige durch *Quellwasser*, da Quellen ein wohl-schmeckendes, bacterienarmes oder bacterienfreies und nicht infectionsverdächtiges Wasser liefern. Leider lassen die Quellen in Bezug auf die Menge des zu liefernden Wassers sehr häufig im Stich, so dass die Versorgung mit Quellwasser meist nur kleineren und mittleren Städten und Ortschaften, welche nicht allzu weit von Bergen gelegen sind, möglich ist, und die Versorgung grösserer Städte mit solchen meist nur unter besonders günstigen Umständen, wie z. B. in Wien, ausgeführt werden kann.

Auch gilt die Versorgung mit *Grundwasser*, welche noch vor mehreren Jahrzehnten von hervorragenden Hygienikern als verwerflich

bezeichnet wurde, als eine unverdächtige im hygienischen Sinne, seitdem einwandfrei festgestellt ist, dass in Folge der filtrirenden und reinigenden Wirkung des Erdbodens nicht nur die schwebenden Bestandtheile der atmosphärischen Wässer zurückgehalten und die organischen Substanzen derselben mineralisirt, sondern auch die Mikroorganismen sicher im Erdboden zurückgehalten werden, so dass Grundwasser in einer Tiefe von 5 bis 6 m als in der Regel frei von Mikroorganismen anzusehen ist.

Da, wo Grundwasser nicht in genügender Menge oder in Folge des Gehaltes an kohlen saurem (bezw. phosphorsaurem) Eisenoxydul und löslichen Humussubstanzen nicht in geeigneter Reinheit zu beschaffen ist, dient *Flusswasser* (Seewasser) zur Versorgung mit Trinkwasser. Dasselbe ist aber stets verdächtig, Infectionskeime zu enthalten, welche man bestrebt ist, durch Sandfiltration möglichst zu entfernen. Eine grosse Zahl von Städten wird auf diesem Wege zur Zeit noch mit Trinkwasser versorgt, in unserem Herzogthume z. B. die Haupt- und Residenzstadt Braunschweig. Nachdem aber die Untersuchungen Koch's, Fränkel's und Piefke's, sowie anderer Forscher gezeigt haben, dass die Sandfiltration zur Zeit der Verseuchung der Flussläufe keinen genügenden hygienischen Schutz gewährt, ist man immer mehr und mehr bestrebt, die vorhandenen Flusswasserversorgungen durch Grundwasserversorgung zu ersetzen, wozu ausserdem auch die immer mehr zunehmende Verunreinigung der öffentlichen Wasserläufe drängt. In welchem Grade es durch Filtration gelingt, Flusswasser zu reinigen, d. h. dasselbe von den schwebenden Bestandtheilen und der Hauptmenge der Mikroorganismen zu befreien, hängt im Wesentlichen von der Grösse der Filterfläche ab. Je langsamer und unter je geringerem Drucke filtrirt werden kann, und je öfter ein Filter gereinigt wird, desto vollkommener ist die Filtration, und desto bacterienärmer ist das filtrirte Wasser. Die beste Controle des Filters ist die bacterioskopische Untersuchung des filtrirten Wassers, und gelten darüber bekanntlich seit dem Jahre 1893 Grundsätze, welche durch eine Commission von Sachverständigen im kaiserl. Gesundheitsamte aufgestellt sind.

Nachdem die Frage der Wasserversorgung für grossere und kleinere Gemeinwesen eine solche von hoher praktischer Bedeutung geworden ist, schien es uns von erheblichem Interesse, zu prüfen, in welchem Umfange die communalen Verbände unseres Herzogthums schon jetzt den wichtigen hygienischen Anforderungen hinsichtlich der Wasserversorgung genügen.

Wir haben in dem Nachstehenden auf Grund amtlicher Quellen und eigener Untersuchungen diese Frage, soweit es zur Zeit möglich war, zu beantworten gesucht.

I.

Kreis Braunschweig.

Der Kreis Braunschweig mit 156 700 Einwohnern, 35 073 Haushaltungen und 12 361 bewohnten und unbewohnten Gebäuden hat 93 Ortschaften¹⁾. Von diesen ist, abgesehen von der Stadt Braunschweig, keine Ortschaft mit einer öffentlichen Wasserleitung im Sinne obiger Darlegungen versehen, da die weiter unten angeführten Wasserleitungen der Dörfer Rühme, Rünigen, Schandelah, Broitzem nicht als solche anzusehen sind.

A. Amtsgerichtsbezirk Braunschweig.

Braunschweig, Haupt- und Residenzstadt mit 115 138 Einwohnern, 26 244 Haushaltungen und 6 547 bewohnten und unbewohnten Gebäuden.

Die Stadt Braunschweig entnimmt das Wasser zum Speisen der städtischen Leitung der durch die Stadt fließenden Oker. Man entschloss sich im Jahre 1865 zur Anlage eines Wasserwerkes mit künstlicher Filtration des Okerwassers nach vorheriger Klärung desselben durch Ablagerung in Teichen, nachdem Untersuchungen des Okerwassers oberhalb der Stadt ein derartiges Wasser ergeben hatten, welches nach der Klärung und Sandfiltration als brauchbares Trinkwasser gelten konnte. In den Jahren 1883 bis 1885 wurde das Werk, welches bis dahin nur circa 1,5 ha grosse Klärteiche und ein Filter von etwa 1500 qm Fläche umfasste, bedeutend erweitert. Die Erweiterung bestand im Wesentlichen in der Anlage von zwei Klärteichen von 3,4 ha Gesamtfläche, von vier offenen, 5980 qm Fläche haltenden Filtern, einem überwölbten Reinwasserbassin von circa 3800 cbm Inhalt, zwei Saugebrunnen, einem Maschinenhause mit zwei Centrifugalpumpen zur Hebung des Wassers auf die Filter, zwei Verbundwasserhebungs-Dampfmaschinen, welche das Wasser aus den Saugbrunnen direct ins Rohrnetz drücken. Dem Projecte wurde die Annahme zu Grunde gelegt, dass nach Einführung von Wassermessern der Wasserverbrauch im Jahresdurchschnitt pro Tag und Kopf der Bevölkerung 75 Liter, am Tage des stärksten Consums das $1\frac{1}{2}$ fache = 112,5 Liter und in der Stunde des stärksten Consums das Zweifache $\left(\frac{150}{24}\right)$ betragen würde. Die gesammte Länge des Rohrnetzes beträgt zur Zeit 86 km; es befinden sich in demselben 894 öffentliche Hydranten und 415 Schieber-

¹⁾ Den Angaben über die Einwohnerzahl sind die Resultate der Volkszählung vom 1. December 1895 zu Grunde gelegt.

Beschaffenheit des städtischen Leitungswassers
1891 bis 1897.

In der Zeit		Resultate der chemischen Untersuchung. In 1000 ccm				Anzahl der Keime von Mikroorganismen im Cubikcentimeter	Darunter haben die Gelatine verflüssigt	Bemerkungen
		Ammoniak mg	Salpetrige Säure mg	Chlor mg	Organ. Substanz mg			
vom	bis							
1891.								
1. Dec.	15. Dec.	0	0	40,3	41,6	70	11	
16. "	31. "	0	0	31,3	49,1	50	5	
1892.								
1. Jan.	15. Jan.	0	0	25,1	39,9	89	12	
16. "	31. "	0	0	33,0	41,3	173	17	
1. Febr.	15. Febr.	0	0	27,8	42,7	127	25	
16. "	29. "	0	0	23,2	39,9	52	10	
1. März	15. März	0	0	26,2	45	46	8	
16. "	31. "	0	0	28	30,1	56	9	
1. April	15. April	0	0	25,5	34,2	61	7	
16. "	30. "	0	0	26,2	45,6	78	6	
16. Mai	31. Mai	0	0	32,8	43	66	8	
1. Juni	15. Juni	0	0	34,5	30,2	54	11	
16. "	30. "	0	0	40,7	38,6	51	7	
1. Juli	15. Jul.	0	0	36	37	69	5	
16. "	31. "	0	0	36,25	33,4	61	4	
16. Aug.	31. Aug.	0	0	42,64	37,3	53	10	
1. Sept.	7. Sept.	0	0	42,8	36,3	76	6	
10. "	17. "	0	0	41,26	37,7	60	5	
19. "	30. "	0	0	39,27	33,7	101	4	
1. Oct.	18. Oct.	0	0	41,8	32,6	245	8	
19. "	31. "	0	0	41,9	36,6	61	6	
1. Nov.	19. Nov.	0	0	38,6	46,1	63	7	
19. "	30. "	Spuren	0	41,8	48,0	381	49	
1. Dec.	15. Dec.	0,05	Spuren	44,4	54,2	12536	1243	Es macht sich der Einfluss der Zuckerfabriks-abwasser bemerkbar.
16. "	31. "	0,04	desgl.	39,5	44,5	3632	404	
1893.								
1. Jan.	15. Jan.	0,01	0—0,01	31,9	36,6	250	23	
16. "	31. "	0,04	0,017	39,9	39,1	725	82	
1. Febr.	10. Febr.	0,04	0,02	33,1	46,6	177	54	
11. "	22. "	0—0,025	0—0,015	28,3	49,4	134	33	
23. "	28. "	0—0,02	0	22,2	45,9	66	11	
1. März	7. März	0—0,025	0	20,9	39,2	65	7	
8. "	15. "	0	0	20,6	46	69	8	
16. "	31. "	0	0	21,9	39,2	43	3	

In der Zeit		Resultate der chemischen Untersuchung. In 1000 ccm				Anzahl der Keime von Mikroorganismen im Cubikcentimeter	Darunter haben die Gelatine verflüssigt	Bemerkungen
		Ammoniak mg	Salpetrige Säure mg	Chlor mg	Organ. Substanz mg			
vom	bis							
1. April	15. April	0	0	25	26,2	40	2	
16. "	30. "	0	0	26,9	26,3	34	4	
1. Mai	15. Mai	0	0	31,6	26,8	40	5	
16. "	31. "	0	0	34	36,9	136	13	
1. Juni	15. Juni	0	0	41	25,3	107	8	
16. "	30. "	0	0	43	25	93	6	
1. Juli	15. Juli	0	0	48	28,5	61	9	
16. "	31. "	0	0	49	31,5	39	3	
1. Aug.	15. Aug.	0	0	46,7	30,9	19	2	
16. "	31. "	0	0	44,6	32,7	16	1	
1. Sept.	15. Sept.	0	0	46,1	34,8	17	2	
16. "	30. "	0	0	45,9	36,3	23	2	
1. Oct.	15. Oct.	0	0	27,5	33	53	0	
16. "	31. "	0	0	23,5	40,1	31	1	
1. Nov.	15. Nov.	0	0	27,5	44,1	24	1	
16. "	30. "	0	0	27,1	41,9	50	5	
1. Dec.	15. Dec.	0	0	25,3	37,9	67	2	
16. "	31. "	0	0	25,2	33,4	55	2	
1894.								
1. Jan.	15. Jan.	0	0	30,3	36,0	18	1	
16. "	31. "	0	0	31,0	30,9	164	8	
1. Febr.	15. Febr.	0	0	25,9	34,9	33	5	
16. "	28. "	0	0	22,3	35,9	22	3	
1. März	14. März	0	0	25,1	37,8	25	3	
16. "	31. "	0	0	22,6	31,9	16	3	
1. April	15. April	0	0	27,8	33,0	43	9	
16. "	30. "	0	0	31,9	32,2	25	2	
1. Mai	15. Mai	0	0	36,6	34,3	20	1	
16. "	31. "	0	0	40,3	34,9	19	3	
1. Juni	15. Juni	0	0	40,1	36	18	2	
16. "	30. "	0	0	29,8	42,2	22	2	
1. Juli	15. Juli	0	0	29,8	32	43	8	
16. "	31. "	0	0	32,6	34,0	29	3	
1. Aug.	15. Aug.	0	0	24,6	31,0	38	3	
16. "	31. "	0	0	20,6	26,0	23	2	
1. Sept.	15. Sept.	0	0	19,8	24,6	18	2	
16. "	30. "	0	0	25,5	29,7	18	0	
1. Oct.	15. Oct.	0	0	27,5	32,1	15	0	
16. "	31. "	0	0	27,7	33,1	13	0	
1. Nov.	15. Nov.	0	0	23,4	31,3	16	1	
16. "	30. "	0	0	25,7	31	15	1	

In der Zeit		Resultate der chemischen Untersuchung. In 1000 ccm				Anzahl der Keime von Mikroorganismen im Cubikcentimeter	Darunter haben die Gelatine verflüssigt	Bemerkungen
		Ammoniak	Salpetrige Säure	Chlor	Organ. Substanz			
vom	bis	mg	mg	mg	mg			
1. Dec.	15. Dec.	vorh.	0	31,7	32,9	62	54	Es macht sich der Einfluss der Zuckerfabriks-abwasser bemerkbar.
16. "	31. "	Spuren	0	39	42,2	218	92	
1895.								
1. Jan.	15. Jan.	ger. Spur.	0	31,15	33,86	55	13	
16. "	31. "	0	0	33,1	34,24	47	5	
1. Febr.	15. Febr.	0	0	31,8	32,5	29	3	
16. "	28. "	0	0	34,6	33,4	157	14	
1. März	15. März	0	0	38,6	35,5	108	37	
15. "	31. "	0	0	29,3	35,3	31	6	
1. April	15. April	0	0	22,5	39,3	35	3	
16. "	30. "	0	0	19,3	37,5	38	3	
1. Mai	15. Mai	0	0	22,0	39,8	59	2	
16. "	31. "	0	0	23,9	42,4	80	14	
1. Juni	15. Juni	0	0	28,3	39,7	49	5	
16. "	30. "	0	0	29,5	31,8	38	5	
1. Juli	15. Juli	0	0	33,5	32,1	83	16	
16. "	31. "	0	0	27,5	32,1	55	8	
1. Aug.	15. Aug.	0	0	28,4	33,0	63	7	
16. "	31. "	0	0	29,6	33,2	61	7	
1. Sept	15. Sept.	0	0	27,7	24,3	44	4	
16. "	30. "	0	0	31,1	23,6	30	3	
1. Oct.	15. Oct.	0	0	39,7	30,2	25	2	
16. "	31. "	0	0	27,6	31,2	47	2	
1. Nov.	15. Nov.	0	0	31,2	35,4	18	3	
16. "	30. "	0	0	30,8	38,2	37	14	
1. Dec.	15. Dec.	0	0	34,8	32,97	106	16	
16. "	31. "	0	0	32,4	35,7	35	2	
1896.								
1. Jan.	15. Jan.	0	0	34,7	33,6	41	2	
16. "	31. "	0	0	34,0	34,6	118	6	
1. Febr.	15. Febr	0	0	35,9	39,6	33	8	
16. "	29. "	0	0	36,0	34,2	59	22	
1. März	15. März	0	0	34,7	30,7	57	7	
16. "	31. "	0	0	22,1	32,0	34	6	
1. April	15. April	0	0	19,3	31,9	21	2	
16. "	30. "	0	0	23,1	33,4	75	10	
1. Mai	15. Mai	0	0	29,1	35,4	90	23	
16. "	31. "	0	0	49,1	31,4	165	4	
1. Juni	15. Juni	0	0	47,2	34,9	174	19	
15. "	30. "	0	0	40	31,4	66	8	

In der Zeit		Resultate der chemischen Untersuchung. In 1000 cem				Anzahl der Keime von Mikroorganismen im Cubikcentimeter	Darunter haben die Gelatine verflüssigt	Bemerkungen
		Ammoniak mg	Salpetrige Säure mg	Chlor mg	Organ. Substanz mg			
vom	bis							
1. Juli	15. Juli	0	0	43,2	28,4	131	9	
16. "	31. "	0	0	40,6	32,6	106	11	
1. Aug.	15. Aug.	0	0	33,6	27,3	55	6	
16. "	31. "	0	0	24,7	25,5	83	3	
1. Sept.	15. Sept.	0	0	23,6	28,7	88	2	
16. "	30. "	0	0	25,0	29,6	99	5	
1. Oct.	15. Oct.	0	0	26,8	30,8	109	6	
16. "	31. "	0	0	32,9	45,2	56	2	
1. Nov.	15. Nov.	0	0	31,3	44,6	47	5	
16. "	30. "	0	0	31,4	45,1	125	10	
1. Dec.	15. Dec.	0	0	34,2	53,6	297	20	Es macht sich der Einfluss der Zuckerfabriks-abwasser bemerkbar.
15. "	31. "	Spur	0	36	61,1	213	18	
1897.								
1. Jan.	15. Jan.	Spur	0	34,76	59,8	134	9	
16. "	31. "	Spur	0	34,5	41,9	153	6	
1. Febr.	15. Febr.	0	0	35,5	31,0	69	6	
16. "	28. "	0	0	32,6	33,1	128	14	
1. Marz	15. Marz	0	0	24,5	40	72	4	
16. "	31. "	0	0	23,67	33,7	78	5	

In Folge der Thatsache, dass trotz der thunlichsten Reinigung der Abwässer der in die Oker entwässernden Zuckerfabriken sich die Verunreinigung der Oker in der Zeit der Zuckerfabriks-campagne im Leitungswasser gelegentlich bemerkbar macht, sind neuerdings stadtseitig Versuche aufgenommen, in der Umgebung der Stadt Grundwasser aufzuschliessen. Zunächst wurde oberhalb der Stadt Wasser bei dem Dorfe Mascherode, welches seinen Ursprung im zerklüfteten Kalksteingebirge hat, aufgeschlossen. Es war dies Wasser von vorzüglicher Beschaffenheit, aber von unzureichender Menge (3 cbm in der Minute).

Des Weiteren wurden unterhalb der Stadt, in der Nähe des Dowe-Sees, Versuchsbrunnen abgeteuft und Pumpversuche angestellt, welche ein Wasserquantum von 7 cbm pro Minute lieferten, welches seinen Ursprung in dem hier in verschiedener Mächtigkeit gelagerten Thalsande und den Kiesschichten des älteren Diluviums hat. Auch dieses Wasser ist von vorzüglicher Qualität, frei von Eisen, und würde ein sehr geeignetes Trink- und Gebrauchswasser abgeben. Das Wasser aus drei an der angegebenen Stelle niedergebrachten Versuchsbrunnen ergab uns bei der chemischen Untersuchung die folgenden Resultate:

In 1000 ccm Milligramm:

	I.	II.	III.
Verdampfungsrückstand bei 120°	259,4	227,2	227,5
Verdampfungsrückstand, gegluht	256	225	225,5
Kalk	79	63	62
Magnesia	10,8	7,2	7,3
Harte	94	73	74
Chlor	17,8	17,04	17,7
Schwefelsaure	26	25	25,1
Organische Substanzen	7,9	9,48	9,5
Ammoniak, salpetrige Saure, Salpetersaure .	0	0	0

Nach der bacterioskopischen Untersuchung ist das Wasser vollkommen oder nahezu frei von entwickelungsfähigen Keimen. Es ist somit begründete Hoffnung für die Stadt Braunschweig vorhanden, demnächst die, namentlich in Zeiten von Epidemien bedenkliche, Flusswasserversorgung durch eine einwandfreie Grundwasserversorgung ersetzen zu können.

Eine besondere Wasserversorgung besitzt die im Jahre 1895 in Betrieb genommene *Neue Herzogliche Krankenanstalt* an der Cellerstrasse. Die Wasserversorgung ist eine solche durch Grundwasser. Es wird das Untergrundwasser in neun auf das ganze Grundstück der erwähnten Anstalt vertheilten Brunnen aufgefangen und mittelst einer Saug- und Druckpumpe in den im Wasserthurme aufgestellten schmiedeeisernen Hochwasserbehälter gefördert. Die in der Sohle 4 m weiten ringförmigen Brunnen sind aus Cementbeton so hergestellt, dass die Wandungen im unteren Theile bis 3 m unter Grundwasser durch Einfügung von kupfernen Sieben durchlässig gemacht sind. Der Hochwasserbehälter hat ein Fassungsvermögen von 150 cbm; zur Aufhebung der Frostwirkungen im Winter ist in der Mitte desselben der Dampfschornstein hochgeführt. Die chemische und bacterioskopische, zu verschiedenen Zeiten von uns ausgeführte Untersuchung des Wassers ergab stets die durchaus brauchbare Beschaffenheit desselben sowohl für Genuss- als Verbrauchszwecke.

Das Wasser ist farblos, geruchlos, klar und bleibt auch bei längerem Verweilen in offenen Gefässen klar.

1 Liter des verschiedenen Brunnen entnommenen Wassers enthält Milligramm:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Fixe Bestandtheile insgesamt	430	460	490	487	400	436
Schwefelsaure (SO ₂)	—	74	70	69	98	117
Chlor	23	51,8	49,7	49,9	17	26,2
Oxyde alkal. Erden (Harte) . .	111,4	130,0	130	120,0	120	130
Organische Substanzen	36,4	28,44	30,0	23,7	23,7	26,8

Zersetzungsproducte stickstoffhaltiger, organischer Substanzen, wie Ammoniak, salpetrige Säure, sind in dem Wasser nicht vorhanden, ebenso fehlen entwickelungsfähige Keime.

Des Weiteren dienen in der Stadt Braunschweig eine grössere Zahl von *Brunnen* zur Versorgung mit Trinkwasser. Das Wasser von etwa 570 Brunnen wurde im Jahre 1882 und von 320 Brunnen im Jahre 1884 chemischen und mikroskopischen Untersuchungen unterworfen. Die Resultate dieser Untersuchungen sind in der Beilage Nr. 191 der Braunschweigischen Anzeigen vom Jahre 1882 und in Nr. 11 und 12 des Monatsblattes für öffentliche Gesundheitspflege vom Jahre 1884 veröffentlicht. Indem wir an dieser Stelle auf diese ausführlichen Veröffentlichungen verweisen, bemerken wir nur, dass, was nach Anlage der Brunnen und nach Beschaffenheit des Untergrundes unserer Stadt nicht zu verwundern ist, die meisten Brunnen ein Wasser liefern, welches vom hygienischen Standpunkte aus mehr oder weniger zu Bedenken Veranlassung giebt.

Die Resultate der von uns 1889 ausgeführten Untersuchungen des Wassers aus den in vorstehend aufgeführten Veröffentlichungen nicht berücksichtigten Schulbrunnen, welche meistens noch jetzt benutzt werden, sind die folgenden:

Untersuchungsergebnisse der noch benutzten Schulbrunnen
der Stadt Braunschweig.

Bezeichnung des Brunnens	Datum der Probenahme im Jahre 1889	Aeusserer Beschaffenheit	Temperatur in Grad Celsius	Abdampf- rückstand	In 1000 cem Milligr.:				Keime in 1 cem	Darunter verflüchtende
					Chlor	Organ. Sub- stanzen	Ammoniak	Salpetrige Saure		
1. Sophienschule, Steinstrasse 1 ¹⁾	27. Aug.	klar	16	1350	141,6	77,5	Spuren	0	1166	126
2. Realgymnasium, Breitestrasse 3	27. Aug.	klar	15,5	360	42,4	60,45	0	0	940	122
3. Gymnasium, Breitestrasse 4	21. März	klar	12,5	—	—	—	—	—	630	2
	5. April	"	16	—	—	—	—	—	814	13
	24. Juni	"	17,5	—	—	—	—	—	444	98
	27. Aug.	"	17,2	450	46,02	86,8	Spur	0	100	20
4. Oberrealschule, Hint. Brudern 30	21. März	klar	13,2	—	98	27	Spur	0	510	4
	5. April	"	14	—	100	33	0	0	280	17
	24. Juni	"	18	—	100	38	0	0	674	10
	27. Aug.	"	16	1310	163,7	49,6	0	0	146	32
5. Höhere Tochter- schule, Kleine Burg 6	20. März	klar	13,2	—	100	25	0	0	2120	18
	4. April	"	16	—	90	33	0	0	644	8
	22. Juni	"	18	—	105	40	0	0	1455	150

¹⁾ Die Schule ist 1893 nach Eermarkt 4 verlegt.

Bezeichnung des Brunnens	Datum der Probenahme im Jahre 1889	Aeusserer Beschaffenheit	Temperatur in Grad Celsius	Abdampf- ruckstand	In 1000 ccm Milligr.				Keime in 1 ccm	Darunter verfussigende
					Chlor	Organ. Sub- stanzen	Ammoniak	Salpetrige Saure		
6. Burgerschule, Reichenstrasse 26	20. Marz	klar	12	—	197,3	150	Spur	vorh.	1050	26
	4. April	"	14,3	—	201	141	"	"	420	11
	22. Juni	"	18,0	—	190	149	"	"	1080	76
	28. Aug.	"	14,5	1920	261,9	65,1	0	Spur	920	116
7. Burgerschule, Wilhelmstrasse 95	20. Marz	klar	12	—	100	40	Spur.	Spur	518	4
	4. April	"	13,8	—	95	50	"	"	418	4
	22. Juni	"	18,0	—	96	50	"	"	100	2
	28. Aug.	"	16,3	2710	516,8	179,4	"	"	9072	32
8. Burgerschule, Schulweg 1	20. Marz	klar	13	—	160	99	0	0	660	40
	4. April	"	16	—	155	90	0	0	288	24
	22. Juni	"	18,5	—	170	100	0	0	4100	640
	28. Aug.	"	14,5	1375	120,3	79,56	0	Spur.	182	10
9. Waisenhaussschule	20. Marz	klar	13	—	—	—	—	—	1822	74
	4. April	"	16,5	—	—	—	—	—	1310	59
	22. Juni	"	18	—	—	—	—	—	568	62
10. Burgerschule, Leopoldstrasse 5	20. Marz	klar	13,1	—	43	79	0	Spur.	740	120
	4. April	"	15,5	—	40	77	0	0	407	13
	22. Juni	"	18	—	50	80	0	0	454	68
11. Burgerschule, Bultenweg 9	21. Marz	klar	14	—	70,8	67,0	0	0	1260	2
	5. April	"	16	—	73	60	0	0	1190	93
	24. Juni	"	17	—	73	55	0	0	1464	854
12. Burgerschule, Ottmerstrasse 4	21. Marz	klar	14	—	110	88	Spur.	0	494	28
	5. April	"	15	—	109	82	"	vorh.	1315	27
	24. Juni	"	17,9	—	110	80	"	"	7200	720
13. Burgerschule, Sidonienstrasse 3	21. Marz	klar	15	—	—	—	—	—	588	24
	5. April	"	15	—	—	—	—	—	1764	12
	24. Juni	"	17,5	—	—	—	—	—	3024	212
14. Garnisonsschule	21. Marz	klar	15	—	—	—	—	—	2004	2
	5. April	"	15,5	—	—	—	—	—	7400	17
	24. Juni	"	17,2	—	—	—	—	—	1442	304
15. Turnhalle, fruher Petrithorprome- nade, jetzt Oker- strasse 9.	22. Marz	opak	10,3	—	—	—	—	—	6930	114
	6. April	trube	11,1	—	—	—	—	—	204	13
	25. Juni	etwas opak	17	—	—	—	—	—	1701	130
16. Burgerschule, Sudklint 15	22. Marz	klar	10,3	—	—	—	—	—	2002	44
	6. April	"	9,9	—	—	—	—	—	208	10
	25. Juni	"	17	—	—	—	—	—	574	170
	27. Aug.	trube, opali- sirend	16,3	470	99,12	43,4	Spur.	0	130	10

Bezeichnung des Brunnens	Datum der Probenahme im Jahre 1889	Aeusserer Beschaffenheit	Temperatur in Grad Celsius	Abdampf- rucksstand	In 1000 ccm Milligr.:				Keime in 1 ccm	Darunter verflüssigende
					Chlor	Organ.Sub- stanzen	Ammoniak	Salpetrige Säure		
17. Burgerschule, Echternstr. 1—3.	22. März	klar	13	—	71	70	0	0	448	124
	6. April	"	16,5	—	70	65	0	0	2146	54
	25. Juni	"	18	—	70	72	0	0	554	72
18. Untere Bürger- schule, Leonhardstr. 12	28. Aug.	klar	15,4	1460	99,12	81,12	0	0	2992	250
19. Mittlere Knaben- burgerschule, Bultenweg 9	28. Aug.	klar	15,5	1025	70,8	67,08	0	0	1176	328

Desgleichen möchten wir die *Resultate* der von uns ebenfalls im Jahre 1889 ausgeführten chemischen und bacterioskopischen Untersuchungen der *öffentlichen Brunnen* kurz anführen, welche neben dem Leitungswasser noch Benutzung finden oder wenigstens zur Zeit der Untersuchung noch fanden.

Untersuchungsergebnisse der öffentlichen Brunnen.

Bezeichnung des Brunnens	Datum der Probenahme im Jahre 1889	Aeusserer Beschaffenheit	Temperatur in Grad Celsius	In 1000 ccm Milligr.:				Keime in 1 ccm	Darunter verflüssigende
				Chlor	Organ.Sub- stanzen	Ammoniak	Salpetrige Säure		
1. Öffentl. Brunnen, Dasekenstrasse 7	17. März	—	—	—	—	—	—	—	—
2. Öffentl. Brunnen, Lessingplatz	17. März	klar	12	109	56	0	0	10	4
	1. April	"	—	100	50	0	0	5	5
	19. Juni	"	17,5	110	60	0	0	435	22
3. Öffentl. Brunnen, Kuchenstrasse 1 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4. Öffentl. Brunnen, Alte Waage 18	17. März	klar	12	184	50	reichl.	vorh.	1680	36
	1. April	"	—	180	55	vorh.	"	311	5
	19. Juni	"	17,5	179	45	reichl.	"	223	48
5. Öffentl. Brunnen, Wollmarkt 18	17. März	klar	13	—	—	—	—	138	14
	1. April	"	—	—	—	—	—	4960	400
	19. Juni	"	18,8	—	—	—	—	792	172

¹⁾ Ist nicht untersucht.

Bezeichnung des Brunnens	Datum der Probenahme im Jahre 1889	Aeusserer Beschaffenheit	Temperatur in Grad Celsius	In 1000 cem Milligr.:				Keime in 1 cem	Darunter verflüssigende
				Chlor	Organ. Sub- stanzen	Ammoniak	Salpetrige Säure		
6. Oeffentl. Brunnen, Obergrasse	17. März	klar	13	28	57	0	0	356	30
	1. April	"	—	30	50	0	0	477	43
	19. Juni	"	18	28	51	0	0	342	41
7. Oeffentl. Brunnen, Alter Zeughof	17. März	klar	13	—	—	—	—	1400	10
	1. April	"	—	—	—	—	—	1560	40
	19. Juni	"	17,9	—	—	—	—	258	84
8. Interess.-Brunnen, Radeklint 7	18. März	klar	13,2	180	40	0	0	4900	104
	2. April	"	12,5	179	42	0	0	293	49
	20. Juni	"	18	182	39	0	0	1064	63
9. Interess.-Brunnen, Gordelingerstr. 69	18. März	klar	13,2	79	60	0	0	13230	180
	1. April	"	12	83	55	0	0	267	3
	20. Juni	"	18	83	60	0	0	1050	195
10. Interess.-Brunnen, Joddenstrasse	18. März	klar	13,3	80	40	0	0	114	76
	2. April	"	12,1	78	41	0	0	39	2
	20. Juni	"	17	78	40	0	0	16650	52
11. Interess.-Brunnen, Weberstrasse 8	18. März	klar	13,3	200	30	0	0	4000	8
	2. April	"	—	197	45	0	0	—	—
	20. Juni	"	—	190	40	0	0	—	—
12. Interess.-Brunnen, Kupfertwete 1	18. März	klar	14	370	33	vorh.	vorh.	438	30
	2. April	"	12,2	—	—	—	—	2262	5
	20. Juni	"	17,6	—	—	—	—	542	30
13. Interess.-Brunnen, Kaiserstrasse 33	18. März	klar	14	310	89	Spur	Spur	580	142
	2. April	trube	12,4	300	80	"	"	102	3
	20. Juni	trube, ganz gelb- lich	19	305	100	0	0	344	110
14. Interess.-Brunnen, Ruhfautchenplatz	19. März	klar	14,3	44	30	0	0	6120	290
	3. April	"	12,1	40	29	0	0	672	35
	21. Juni	"	17,5	44	29	0	0	54	2
15. Interess.-Brunnen, Prinzenweg 7	19. März	klar	14	70	100	0	0	1030	104
	3. April	"	12,05	71	95	0	0	676	86
	21. Juni	"	17,5	75	90	0	0	120	2
16. Interess.-Brunnen, Brudernkirchhof	19. März	klar	15	269	34	0	0	766	2
	3. April	"	11,9	270	33,7	0	0	1634	34
	21. Juni	"	17	260	33	0	0	308	80
17. Interess.-Brunnen, Egydienmarkt 8	19. März	klar	15	215	22	0	0	1950	18
	3. April	trube	11,9	180	18	0	0	1512	151
	21. Juni	klar	18	220	22	0	0	696	168

Bezeichnung des Brunnens	Datum der Probenahme im Jahre 1889	Aeusserer Beschaffenheit	Temperatur in Grad Celsius	In 1000 ccm Milligr.:				Keime in 1 ccm	Darunter verflüssigende
				Chlor	Organ.Sub- stanzen	Ammoniak	Salpetrige Säure		
18. Interess.-Brunnen, Oelschlagern 4	19. März	klar	15,2	135	77	0	0	166	6
	3. April	"	11,6	130	46	0	0	268	84
	21. Juni	"	17,5	140	107	0	0	646	92
19. Interess.-Brunnen, Klint 19	19. März	klar	15	146	60	0	0	1000	40
	3. April	"	11,8	140	59	0	0	720	120
	21. Juni	"	17,8	156	59	0	0	1648	120
20. Interess.-Brunnen, Wendenstrasse 24	19. März	klar	16	149	40	Spuren	Spuren	784	54
	3. April	"	12,2	—	36	vorh.	"	581	92
	21. Juni	"	17,5	—	38	0	"	1872	114

B. Amtsgerichtsbezirk Riddagshausen.

20 941 Einwohner, 4500 Haushaltungen, 2826 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Nur die drei Dörfer Rühme, Rünigen und Schandelah besitzen Wasserleitungen, welche aber nicht zu Trinkzwecken, sondern nur zu Feuerlöschzwecken dienendes Wasser liefern können.

Rühme, Dorf mit 325 Einwohnern, an der Schunter gelegen, besitzt von der Schunter aus eine Rohrenleitung nach der Westseite des Dorfes mit Schöpfbrunnen zu *Feuerlöschzwecken*.

Rünigen, Kirchdorf an der Oker mit 948 Einwohnern, besitzt von der Oker aus eine Röhrenleitung mit mehreren Brunnen zu *Feuerlöschzwecken*.

Schandelah, Kirchdorf am Sandbeeke mit 574 Einwohnern, besitzt auf der Südseite an dem Communicationswege Schandelah-Gardessen ein Oberflächenwasser enthaltendes Bassin mit Rohrenleitung nach der Nordseite des Dorfes zu *Feuerlöschzwecken*.

C. Amtsgerichtsbezirk Vechelde.

16 539 Einwohner, 3535 Haushaltungen, 2259 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Nur **Broitzem**, Kirchdorf mit 1082 Einwohnern, in 84 m Meereshöhe gelegen, besitzt eine Wasserleitung mit mehreren Schöpfbrunnen, auch ausschliesslich zu *Feuerlöschzwecken*.

D. Amtsgerichtsbezirk Thedinghausen.

4082 Einwohner, 794 Haushaltungen, 729 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Weder der Flecken Thedinghausen, noch die übrigen Gemeinden des Amtsbezirks besitzen Wasserleitungen.

II.

Kreis Wolfenbüttel.

Der Kreis **Wolfenbüttel** mit 79901 Einwohnern, 17761 Haushaltungen und 9427 bewohnten und unbewohnten Gebäuden hat 104 Ortschaften, von diesen sind 11 mit öffentlichen Wasserleitungen versehen.

A. Amtsgerichtsbezirk Wolfenbüttel.

35790 Einwohner, 7772 Haushaltungen, 3835 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Gross-Denkte, Pfarrdorf mit 978 Einwohnern, liegt in ca. 106 m Meereshöhe am Fusse der Asse, am Bleierbache und besitzt seit 1887 eine 2000 m lange Wasserleitung mit 38 cbm haltendem Wasserreservoir und 6 Hydranten, die in 24 Stunden 85 cbm Wasser liefern (also pro Kopf der Bevölkerung ca. 87 Liter). Die Gesamtanlagekosten betragen 12000 Mk., pro laufenden Meter 6 Mk. Das Wasser stammt aus Mergelschichten der Buntsandsteinformation der Asse, vom Kahlenberge, hat nach der chemischen und bacterioskopischen Untersuchung einer am 13. August d. J. eigenhändig entnommenen Probe folgende Zusammensetzung:

In 1000 ccm Milligramm:

Harte	130 mg
Chlor	547 „
Organische Substanzen	15 „
Ammoniak, salpetrige Saure	0

Die Zahl der in 1 ccm enthaltenen entwicklungsfähigen Keime betrug 22, darunter keine die die Gelatine verflüssigten.

Das Wasser ist demnach von vorzüglicher Reinheit und zu Brauch- und Genusszwecken sehr geeignet.

Wittmar, Kirchdorf mit 182 Einwohnern, am Südfusse der Asse gelegen, besitzt seit 1893 eine 1378 m lange Wasserleitung mit 80 cbm haltendem Wasserreservoir und 9 Hydranten, die in 24 Stunden

30 cbm Wasser liefert (also pro Kopf der Bevölkerung 164 Liter). Die Gesamtanlagekosten betragen 13 108 Mk., pro laufenden Meter 9,50 Mk.

Das nach Geruch und Geschmack normale Wasser stammt aus Kalkgeröllschichten (Muschelkalk) derASSE und enthält nach der Untersuchung Dr. F. Gerhard's vom 8. Juni 1894 in einem Liter:

„Abdampfdruckstand bei 120°	722 mg
„ „ „ geglüht	614 „
Organische Substanzen	21 „
Chlor	20 „
Salpetersaure	0
Salpetrige Saure	Spur
Ammoniak	0
Oxyde alkalischer Erden (Harte)	201 mg

Bakterien (Spaltpilze) nicht vorhanden“.

Es stellt somit ein gutes Trink- und Brauchwasser dar.

Eine am 13. August d. J. eigenhändig entnommene Probe zeigt folgende Zusammensetzung:

In 1000 ccm Milligramm:

Harte	143,0 mg
Organische Substanzen	26,9 „
Chlor	42,48 „
Ammoniak, salpetrige Saure	0

Die Zahl der in 1 ccm enthaltenen entwickelungsfähigen Keime betrug 616, darunter 68, die die Gelatine verflüssigten.

Das Wasser zeigt jetzt gegen die Untersuchung vor drei Jahren, was Gehalt an Chlor und organischen Substanzen anbetrifft, eine geringe, was einen Gehalt in Mikroorganismen anbetrifft, eine sehr bedeutende Verschlechterung. Eine genaue Revision der Wasserleitung ist angezeigt.

Wolfenbüttel, Stadt mit 15 508 Einwohnern, an der Oker in 80 m Meereshöhe gelegen, besitzt seit 1894 eine 21 400 m lange Wasserleitung mit 525 cbm haltenden Wasserreservoirs, welche in 24 Stunden 4992 cbm Wasser liefern (also pro Kopf der Bevölkerung 322 Liter). Das Wasser wird den Consumenten direct in die Wohnhäuser geleitet, öffentliche Wasserauslässe sind nicht vorhanden.

Die Baukosten betragen einschliesslich der sämtlichen 1021 Anschlüsse mit Wassermessern und Ventilen 524 000 Mk., also pro laufenden Meter 24,50 Mk., während die laufenden Ausgaben sich einschliesslich der Rücklagen zum Erneuerungsfonds auf 26 820 Mk. berechnen.

Das Wasser wird durch die zu diesem Zwecke südlich von der Stadt hergestellten beiden Brunnen von 2,40 und 3 m lichtigem Durchmesser, welche durch eine 275 mm weite Heberleitung unter einander verbunden sind, aus dem stark zerklüfteten Kreidemergel und dem

darüber liegenden Kalkgeschiebelager entnommen und durch zwei Gasmotoren von je 16 Pferdekraften mit je drei gekuppelten, einfach wirkenden Pumpen in die 40 m hoch liegenden Reservoirs von 414 und 111 cbm Inhalt gehoben, von wo es durch zwei Abfallröhren von 250 mm Durchmesser in die Stadt geleitet, dann durch 200 bis 50 mm weite Röhren hier vertheilt und den Wohnhäusern durch 15 bis 30 mm weite Anschlussleitungen zugeführt wird.

Das Wasser ist nach den von uns ausgeführten Untersuchungen von ausgezeichneter Reinheit und für Brauchzwecke und zum Genusse sehr geeignet. Es ist klar, farblos, geruchlos und von angenehmem, erfrischendem Geschmacke.

Das am 23. Juli 1894 entnommenen Wasser ergab bei der Untersuchung die folgenden Resultate. In einem Liter wurde gefunden:

Ammoniak	0
Salpetrige Saure	0
Salpetersaure	geringe Spuren
Organische Substanzen	16,432 mg
(Kaliumpermanganat 3,2864 mg verbraucht)	
Chlor	26,27 „
Harte	158
Abdampfdruckstand	370 „
Schwefelsaure	27,47 „
Kieselsaure	18,0 „
Kalk	148,75 „
Magnesia	6,645 „

Die *bacterioskopische* Untersuchung von zwei auf Eis nach Braunschweig transportirten Wasserproben ergab folgende Resultate. In 1 ccm:

Probe I.		Probe II.	
90 Colonien, darunter 3 verflüssigt		82 Colonien, darunter 4 verflüssigt	
102 „ „ 6 „		94 „ „ 4 „	

Vier Wasserproben, welche am 6. Mai 1895 entnommen waren, sämmtlich klar, farblos und geruchlos, von angenehmem, erfrischendem Geschmacke, wurden mit folgendem Erfolge untersucht:

Salpetersaure	} Spuren (quantitativ nicht bestimmbar)
Salpetrige Saure	
Schwefelwasserstoff	0
Sulfide	0
Ammoniak	0
Eisensalze	0

Es wurden gefunden in einem Liter:

	Brunnen I.		Brunnen II.	
	a.	b.	a.	b.
Abdampfdruckstand	372 mg	372 mg	358 mg	360 mg
Chlor	28,4 „	28,4 „	26,27 „	26,27 „
Oxyde alkal. Erden (Härte)	142,4 „	144,0 „	140 „	141 „
Organische Substanzen	12,4 „	11,0 „	15,8 „	11,64 „

Die bacterioskopische Untersuchung der auf Eis nach Braunschweig transportirten Wasserproben ergab die folgenden Resultate. In 1 ccm:

Brunnen I.				Brunnen II.			
a.	16	Colonien,	darunter 10 verflüssigt	a.	6	Colonien,	darunter 1 verflüssigt
b.	9	"	" 6 "	b.	11	"	" 7 "
c.	6	"	" 3 "	c.	6	"	" keine "
d.	5	"	" 1 "	d.	einige Colonien.		

B. Amtsgerichtsbezirk Schöppenstedt.

15 963 Einwohner, 3576 Haushaltungen und 2040 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Gross-Vahlberg, Pfarrdorf mit 422 Einwohnern, liegt am nördlichen Fusse der Asse und besitzt seit 1887 eine 2052 m lange Wasserleitung mit 70 cbm Inhalt der Wasserreservoirs und 9 Hydranten, die in 24 Stunden 75 cbm Wasser liefert (also pro Kopf der Bevölkerung 170 Liter). Die Gesamtanlagekosten betragen 12200 Mk., pro laufenden Meter 5,94 Mk. Das Wasser stammt aus Kalkgeröllschichten (Muschelkalk) der Asse.

Von Apotheker Dr. Gerhard liegen drei verschiedene Analysen der betreffenden, die Leitung speisenden Brunnen vor. „In 1000 ccm:

	I.	II.	III.
	Oberbrunnen	Unterbrunnen	Quelle
Organische Substanzen	10 mg	10 mg	30 mg
Chlor	15 "	17 "	17 "
Salpetersaure	0	0	0
Salpetrige Saure	0	0	0
Ammoniak	0	0	0

I. und II. wurden als bacterioskopisch sehr rein, III. als unrein bezeichnet“.

Eine am 13. August d. J. eigenhändig in einer Hausleitung im Dorfe entnommene Probe zeigt folgende Zusammensetzung:

In 1000 ccm Milligramm:

Harte	152 mg
Chlor	24,7 "
Organische Substanzen	13,9 "
Ammoniak, salpetrige Saure	0

Die Zahl der in 1 ccm enthaltenen entwickelungsfähigen Keime betrug 22, darunter 2, die die Gelatine verflüssigten.

Das Wasser ist demnach von vorzüglicher Reinheit und zu Brauch- und Genusszwecken sehr geeignet.

Hessen, Flecken mit 2590 Einwohnern, am nördlichen Fusse des Fallsteins gelegen, besitzt seit 1883 eine 2670 m lange Wasserleitung mit 64 cbm haltenden Wasserreservoirs und 5 Hydranten, die in 24 Stunden 100 cbm Wasser liefert (also pro Kopf der Bevölkerung

38,6 Liter). Die Gesamtanlagekosten betragen 16 210 Mk., pro laufenden Meter 6,08 Mk. Das Wasser stammt aus Kalkgeröllschichten (Muschelkalk) des Fallsteins und soll nach der chemischen Analyse sehr gut sein.

Mönche-Vahlberg, Kirchdorf mit 433 Einwohnern am nördlichen Fusse der Asse gelegen, besitzt seit 1874 eine 600 m lange Wasserleitung mit Röhren von 3 Zoll lichter Weite und 38 cbm haltendem Wasserreservoir und 7 Hydranten, die in 24 Stunden 80 cbm Wasser liefert (also pro Kopf der Bevölkerung 184 Liter). Die Gesamtanlagekosten betragen 10 000 Mk., pro laufenden Meter 16,66 Mk.

Das Wasser kommt aus dem Kirchholze und stammt aus Mergelschichten der Buntsandsteinformation der Asse. Eine am 13. August d. J. eigenhändig entnommene Wasserprobe zeigt folgende Zusammensetzung:

In 1000 ccm Milligramm:

Harte	112 mg
Chlor	123,2 „
Organische Substanzen	13,9 „
Ammoniak, salpetrige Saure	0

Die Zahl der in 1 ccm enthaltenen entwickelungsfähigen Keime betrug 168, darunter 12, die die Gelatine verflüssigten.

Das Wasser ist zu Brauch- und Trinkzwecken als ein gutes anzusehen, die ziemlich beträchtliche Zahl von Mikroorganismen mahnt zu einer gründlichen Revision der Leitung.

Schliestedt, Pfarrdorf mit 277 Einwohnern, in 111 m Höhe unter dem Elme gelegen, besitzt seit 1865 eine 995 m lange Wasserleitung mit 13 cbm haltendem Wasserreservoir und 2 Hydranten, die in 24 Stunden 3 cbm Wasser liefert (also pro Kopf der Bevölkerung 11 Liter). Die Gesamtanlagekosten betragen 7235 Mk., pro laufenden Meter 7,27 Mk. Das Wasser stammt aus einer Kiesschicht, welche unter einer starken Thonschicht lagert und vermuthlich vom Elme (Muschelkalk) gespeist wird, und soll nach der chemischen Untersuchung sehr gut sein.

Schöppenstedt, Stadt an der Altenau, 106 m über dem Meere, mit 359 Häusern und 3328 Einwohnern. Eine Centralwasserversorgung hat die Stadt Schöppenstedt nicht, vielmehr sind die Einwohner genöthigt, ihren Bedarf an Wasser aus 145 auf privaten und 9 auf öffentlichen Grund und Boden stehenden Brunnen zu entnehmen. Die von uns vor mehreren Jahren ausgeführte chemische und bacterioskopische Untersuchung des Wassers der sogenannten Strassenbrunnen hatte das folgende Ergebniss:

Nummer	Zeit der Probe- nahme 1891	Lage des Brunnens	Bemerkungen zur Lage	In 1000 cem Milligramm						Bacteriosk. Befund	
				Salpetrige Säure	Ammoniak	Chlor	Orga- nische Sub- stanzen	Härte	entwickel- lungsfähige Keime in 1 cem	davon haben die Gelatine ver- flüssigt	
1.	23. März 24. Juli	Wilhelmstrasse	5 m von der Altenau	Spuren 0	reichlich	65 77	50 31,5	62 —	36 241	10 106	
2.	23. März 24. Juli	Steinweg	5 m vom Strassencanal	vorhanden Spuren	" 0	159,7 146	100 28	117 —	2852 792	40 26	
3.	23. März 24. Juli	Abelkarre	2 m von der Altenau	0	vorhanden	199,5 168,9	51 31,5	87 —	220 466	20 34	
4.	23. März 24. Juli	Stobenstrasse	2 m von der Altenau	0	reichlich	184 191	36 22	65 —	356 840	12 96	
5.	23. März 24. Juli	Stobenstrasse	bei Kornet; 3 m von der Altenau	0	reichlich	28,4 27,6	39 83	50 —	20 130	2 48	
6.	23. März 24. Juli	Wolfenbutlerstrasse	bei Hunze; 4 m vom Hause	vorhanden 0	" 0	99,4 57,5	20,4 20	90 —	76 46	2 6	
7.	23. März 24. Juli	"	bei Krebs; 3 m vom Hause	0	reichlich	411,8 323	47,8 17,3	60 —	714 552	20 26	
8.	23. März 24. Juli	Zollhof	3 m vom Pferdestall	0	"	63,9 108,6	48 23	95 —	1088 34	26 0	
9.	23. März 24. Juli	Kirchplatz	6 m vom Abort	0	0	78 112	45 26,7	61 —	68 150	4 16	
10.	23. März 24. Juli	Armenhaus		0	0	49,7 42	36,2 36,2	59 —	298 246	16 10	
11.	23. März 24. Juli	Amtsgericht		0	0	142 142	33,2 21,6	— —	138 121	0 6	
12.	23. März 24. Juli	Markt	bei Frobarth	0	reichlich	163,3 138	71 111,8	43,1 —	2550 27648	50 168	

C. Amtsgerichtsbezirk Salder.

16 047 Einwohner, 3628 Haushaltungen, 2305 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Barbecke, Pfarrdorf mit 481 Einwohnern, an der Fuhse gelegen, besitzt seit 1890 eine 1960 m lange Wasserleitung mit 110 cbm haltenden Wasserreservoirs und fünf Hydranten, die in 24 Stunden 60 cbm Wasser liefert (also pro Kopf der Bevölkerung 124 Liter). Die Gesamtanlagekosten betragen 13 000 Mk., pro laufenden Meter 6,63 Mk.

Das Wasser stammt aus einer Kiesschicht, welche unter einer 8 m starken Thonschicht lagert und vermuthlich vom nahegelegenen Watzberge (Muschelkalk) gespeist wird.

Die zur Wasserleitung benutzte Quelle wurde von uns vorher bacterioskopisch untersucht und fast keimfrei befunden.

D. Amtsgerichtsbezirk Harzburg.

12 101 Einwohner, 2785 Haushaltungen, 1247 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Bad Harzburg, Stadt mit 3308 Einwohnern, am Nordrande des Harzes an der Radau gelegen (am Bahnhofe 239 m über Meereshöhe), besitzt seit 1887 eine Wasserleitung, welche 1893 und 1894 mehrfach erweitert ist und jetzt eine Länge von 12 517 m mit 278 cbm haltenden Wasserreservoirs und 45 Hydranten besitzt. Die Leitung liefert 500 cbm Wasser in 24 Stunden (also pro Kopf der Bevölkerung 151 Liter). Die Gesamtanlagekosten betragen 90 000 Mk., pro laufenden Meter 7,19 Mk.

Das Wasser stammt aus Quellen, welche im Riefenbachs-, Radau- und Crodothale in Granitgeröllschichten liegen, und stellt ein ausserordentlich reines, sehr weiches für Brauch- und Trinkzwecke sehr geeignetes Wasser dar.

In 1000 ccm wurden gefunden:

Abdampfdruckstand	92,5 mg
Chlor	9,9 „
Chlornatrium	16,3 „
Schwefelsäure (SO ₃)	42,0 „
Organische Substanzen ¹⁾	8,2 „

Die Härte betrug 1,28 deutsche Härtegrade. Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure, die Zersetzungsproducte stickstoffhaltiger organischer Substanzen sind nicht vorhanden.

Bündheim, Kirchdorf mit 2242 Einwohnern, 218 m über dem Meeresspiegel am Nordrande des Harzes gelegen, unmittelbar an Bad

¹⁾ Entspr. 2,04 mg Kaliumpermanganatverbrauch.

Harzburg grenzend, besitzt seit 1893 eine 8500 m lange Wasserleitung mit 150 cbm haltenden Wasserreservoirs und 32 Hydranten, die in 24 Stunden 310 cbm Wasser liefert (also pro Kopf der Bevölkerung 138 Liter). Die Gesamtkosten betragen 65000 Mk., pro laufenden Meter 7,64 Mk. Das Wasser stammt aus Granitgeröllschichten des Harzes.

Nach einer Analyse von Dr. Frühling und Schulz enthielt eine vom 24. Juli 1891 diesen zugestellte Probe in 1 Liter

„Mineralische Stoffe	94,8 mg
Calciumcarbonat	42,1 „
Calciumsulfat	16,3 „
Magnesiumcarbonat	7,0 „
Chlornatrium	14,7 „
Kieselsäure	14,2 „
Glühverlust	20,7 „
Gesamt-Rückstand	115,0 „
Geloste organische Stoffe	50,7 „

Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure sind nicht vorhanden. Das Wasser war weich, ohne Farbe, Geruch und Geschmack. Das Wasser ist demnach von seltener Reinheit und seiner Zusammensetzung nach zu Trinkwasser, wie zu allen gewerblichen Zwecken gleich gut geeignet“.

Oker, Pfarrdorf mit 2692 Einwohnern, in 209 m Meereshöhe am Nordrande des Harzes am Eingange des Okerthales gelegen, hat seit 1894 eine 845 m lange Wasserleitung mit 70 cbm haltenden Wasserreservoirs und vier Hydranten, die in 24 Stunden 70 cbm Wasser liefert (also pro Kopf der Bevölkerung 26 Liter). Die Gesamtkosten betragen 5840 Mk., pro laufenden Meter 6,91 Mk. Das Wasser stammt aus Spiriferen-Sandstein.

Von drei Canälen, die das Wasser aus dem Quellengebiete am Höhlenwege nach den Reservoirs führen, liegen chemische Untersuchungen des Dr. phil. Otto Lindemann (Vorstand des chemischen Laboratoriums am Königlichen und Herzoglichen Communion-Hüttenwerke zu Oker) vor. In 1 Liter:

	Hauptcanal	Seitencanal	
		linker	rechter
„Kochsalz	262,7 mg	132 mg	301,4 mg
Calciumsulfat . .	37,4 „	31,8 „	45,0 „
Calciumcarbonat	80,7 „	60,7 „	66,2 „
Magnesiumcarbonat	28,8 „	22,0 „	28 „
Organische Substanzen	Spuren	Spuren	Spuren

Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure sind nicht vorhanden. Das Wasser wird auf Grund dieser Untersuchungen als ein reines, für Trink- und Gebrauchszwecke sehr geeignetes zu bezeichnen sein“.

III.

Kreis Helmstedt.

Der Kreis Helmstedt mit 70 672 Einwohnern, 15 797 Haushaltungen und 8028 bewohnten und unbewohnten Gebäuden hat 90 Ortschaften, von diesen sind acht mit öffentlichen Trinkwasserleitungen und eine mit einer Leitung nur zu Feuerlöschzwecken versehen.

A. Amtsgerichtsbezirk Helmstedt.

16801 Einwohner, 3836 Haushaltungen, 1708 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Barmke, Kirchdorf mit 718 Einwohnern, besitzt zwei Wasserleitungen, die *eine* seit 1874 von 1500 m Länge der Rohrleitung, mit 24 cbm haltendem Reservoir und einem Hydranten, die in 24 Stunden 691 cbm Wasser liefert und 8000 Mk. (pro laufenden Meter 5,33 Mk.) kostete, die *andere* seit 1887 von 1000 m Länge der Rohrleitung, mit 22 cbm haltendem Reservoir, die in 24 Stunden 276 cbm Wasser liefert und 4109 Mk. (pro laufenden Meter 4,10 Mk.) kostete. Auf die ganze Bevölkerung kommen daher in 24 Stunden 967 cbm, oder pro Kopf 1,346 cbm Wasser. Die ältere Leitung kommt aus eisenhaltigen Kalkschichten, die jüngere aus Kalksteinschichten.

Eine Untersuchung des Wassers liegt nicht vor.

Helmstedt, Stadt mit 12 891 Einwohnern, in 139 m Meereshöhe unter dem Elze gelegen, besitzt sechs verschiedene öffentliche Wasserleitungen, deren jede einzelne je nach ihrem Druckvermögen zur Speisung eines oder mehrerer Stadttheile dient. Von den 6 Wasserleitungen führen 3 Leitungen Quellwasser, 3 Leitungen Teichwasser.

Die Quellwasserleitungen sind folgende:

1. Pluderbuschwasserleitung,
2. Neue Brunnenwasserleitung,
3. Bötschenbergwasserleitung.

Die Teichwasserleitungen sind folgende:

4. Strohmühlenteichleitung,
5. Hafermühlenteichleitung,
6. Ellernbruchleitung.

Die ältesten Leitungen sind diejenigen, welche aus Sammelteichen der Stadt das Wasser zuführen; eine Ausnahme macht die Ellernbruchleitung, welche ein Privatunternehmen ist und erst vor einigen Jahren (1892) hergestellt wurde zur Sicherung des Betriebes einer an der Magdeburger Heerstrasse belegenen Zuckerraffinerie der Gebrüder Dannenbaum. Laut Vertrag erhält die Stadt das überfließende Wasser, welches zum Bedarf der Zuckerraffinerie nicht erforderlich ist.

Die *Strohmühlenteichleitung*, welche den östlichen und westlichen Stadttheil, sowie einen Theil der inneren Stadt speist, entnimmt täglich etwa 400 cbm dem Strohmühlenteiche. Letzterer, an der Grenze der Ludgeri-Domänenäcker und dem Forstorte Pluderbusch belegen, erhält sein Wasser, abgesehen von den natürlichen Zuflüssen aus Waldgräben, aus dem sogenannten Bullenstollen. Der Bullenstollen ist etwa 70 m weit ins Gebirge (Sandstein) getrieben; die Ergiebigkeit des Bullenstollenwassers beträgt etwa 230 cbm pro 24 Stunden, die Länge der Rohrleitung 4825 m, die Zahl der öffentlichen Hydranten 18.

Das aus dem Bullenstollen entfließende Wasser ist eisenhaltig, verliert aber das Eisenoxyd beim Einlauf in das Abflussrohr des Strohmühlenteiches.

Die *Hafermühlenteichleitung* fließt ab aus dem Hafermühlenteiche und dem letzteren als Reserve dienenden sogenannten Walbecker Winkelteiche und erhält sein Wasser aus den Niederschlägen der Feldmark und Waldung nördlich und nordöstlich von Helmstedt. Die geringe Höhenlage des Wasserbeckens (der Hafermühlenteich liegt nur 128 m über NN.) befähigt die Leitung nur zum Speisen des tief liegenden nördlichen Stadttheiles. Die tägliche Wasserabgabe beträgt etwa 275 cbm, die Länge der Rohrleitung 2230 m, die Zahl der öffentlichen Hydranten 14.

Die *Ellernbruchleitung* hat ihr Sammelbecken im Harbker Forste, woselbst zahlreiche eisenhaltige Quellen entspringen. Die Länge der Rohrleitung beträgt 1372 m, die Zahl der öffentlichen Hydranten zwei. Das Wasser ist durch abgeschiedene Eisenoxydhydrate mehr oder weniger stark getrübt. Sämmtliche drei Leitungen werden direct in die Häuser geleitet, ausserdem existiren noch die bereits erwähnten öffentlichen Wasserauslässe.

Die neue *Brunnenwasserleitung* ist die ältere und wurde in früherer Zeit in hölzernen Röhren zur Stadt geleitet. Seit 30 Jahren sind die hölzernen Röhren durch solche aus Eisen ersetzt.

Die vor 18 Jahren neu gefasste Quelle entspringt im Osten der Stadt unweit der von Alters her bekannten Ludgeriquelle in kalksteinigem Felsgrunde und führt ein sehr reines eisenfreies Trinkwasser von vorzüglicher Beschaffenheit.

Dies Wasser wird nur aus öffentlichen Brunnen (drei Auslaufständer) abgegeben mit alleiniger Ausnahme einiger directer Leitungen für Brauereizwecke auf Grund alter Gerechtsame.

Die *Bötschenbergwasserleitung* besteht seit 1867. Dieselbe wird gespeist von einer am Fusse des Botschenberges entspringenden Quelle im Sandsteingebirge. Sie ist wenig ergiebig, so dass im Ganzen nur drei in der Unterstadt belegene öffentliche Auslaufpfähle von ihr versorgt werden können. Die Länge der Rohrleitung beträgt 1372 m.

110 cbm haltenden Wasserreservoiren und 5 Hydranten, die 800 cbm Wasser in 24 Stunden liefert, also pro Kopf der Bevölkerung 1,77 cbm. Die Gesamtanlagekosten betragen 17 096 Mk., pro laufenden Meter 7,60 Mk.

Das Wasser stammt aus Kalksteingeröllen, Kiesschichten und Thonboden. Eine Untersuchung des Wassers liegt nicht vor.

Watenstedt, Pfarrdorf mit 744 Einwohnern, am Fusse des Hees, an der Soltau gelegen, besitzt seit 1878 eine 2105 m lange Wasserleitung, mit 40 cbm haltenden Wasserreservoiren und 5 Hydranten, die 1000 cbm Wasser in 24 Stunden liefert, also pro Kopf der Bevölkerung 1,330 cbm. Die Gesamtanlagekosten betragen 10 050 Mk., pro laufenden Meter 4,77 Mk.

Das Wasser kommt aus Sandsteinfelsen.

Eine Untersuchung des Wassers liegt nicht vor.

Wobbeck, Kirchdorf mit 358 Einwohnern, in 144 m Meereshöhe unter dem Elme am Bremsenbache gelegen, besitzt seit 1891 eine 1283 m lange Wasserleitung, mit 21,8 cbm haltenden Wasserreservoiren und 6 Hydranten, die in 24 Stunden 864 cbm Wasser liefert, also pro Kopf der Bevölkerung 2,4 cbm. Die Gesamtanlagekosten betragen 12 058 Mk., pro laufenden Meter 9,52 Mk.

Das Wasser stammt aus Kalkstein- und Kieselgerölle.

Eine Untersuchung des Wassers liegt nicht vor.

C. Amtsgerichtsbezirk Königslutter.

16 506 Einwohner, 3561 Haushaltungen und 1830 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Süppingen, Pfarrdorf mit 1689 Einwohnern, am Elze an der Schunter gelegen in 108 m Meereshöhe, besitzt seit 1885 eine 1622 m lange Wasserleitung mit 25 cbm haltenden Wasserreservoiren und 5 Hydranten, die 158 cbm Wasser in 24 Stunden liefert, also pro Kopf der Bevölkerung ca. 94 Liter. Die Gesamtanlagekosten betragen 15 520 Mk., pro laufenden Meter 9,57 Mk.

Das Wasser stammt aus Lehm mit Sandschichten.

Eine Untersuchung des Wassers liegt nicht vor.

Glentorf, Pfarrdorf mit 405 Einwohnern, an der Schunter gelegen, hat einen öffentlichen Brunnen, der durch 0,15 m weite Röhren von der Schunter aus gespeist wird und nur zu *Feuerloschzwecken* dient.

Königslutter, Stadt an der Lutter und am Nordabhange des Elms in 148 m Meereshöhe. Sie besteht aus der eigentlichen Stadt (282 Häuser, 2861 Einwohner) und den beiden als Vorstädte anzusehenden selbständigen Gemeinden Oberlutter (115 Häuser, 1282 Einwohner) und

Stift Königslutter (48 Häuser, 802 Einwohner) mit insgesamt 445 Häusern und 4945 Einwohnern.

Die Stadt ist auf einem mächtigen Kalktufflager erbaut. Unter dem Tuffkalk liegt zunächst ein schwarzer, moorähnlicher Boden, darunter ein Lager von diluvialen Muschelkalkgeröll des Elmes mit Lehm gemischt, welches viel Wasser führt und die meisten Brunnen der Stadt speist.

Unter diesem befindet sich eine wasserdichte Thonschicht, die theils der Lettenkohlengruppe, theils den bunten Mergeln des Keupers angehört. Der Kalktuff ist sehr porös und gestattet durch diese Eigenschaft dem einsickernden Wasser eine schnelle Filtration.

In ihrer ganzen Ausdehnung wird die Stadt durchflossen von der Lutter, einem Bache, welcher oberhalb Königslutter in dem Elme entspringt, auf seinem Laufe mehrere Mühlen treibt und später in die Schunter einmündet.

Um die Wasserkraft der Lutter auszunutzen, hat man der Lutter bei ihrem Eintritt in den Ort ein künstlich erhöhtes Bett gegeben, welches an manchen Stellen über dem Niveau der Strasse liegt. Es muss angenommen werden, dass bei dem lockeren Boden der Gegend ein fortwährendes Einziehen des Wassers in das Ufer stattfindet, und dass in Fällen, wo zwischen Lutter und Brunnen Dungstätten etc. liegen, durch das durchsickernde Wasser faulende Stoffe gelöst und in die benachbarten tiefer liegenden Brunnen eingeführt werden.

Eine centrale Wasserversorgung im eigentlichen Sinne des Wortes besitzt Königslutter nicht. Wiederholte Versuche zur Anlage einer solchen sind an der Unmöglichkeit gescheitert, die Kosten dafür zu erschwingen.

Weil, wie schon erwähnt, die ganze Stadt auf Kalkstein ruht, so dass die Canäle in Felsen einzuhaueu wären, müssten sich die Kosten ganz ausserordentlich hoch stellen. Wohl aber hat Königslutter eine Wasserversorgung durch die Quellen der Lutter. Von dieser sind nämlich durch die ganze Stadt theils offene, theils geschlossene Canäle zur Versorgung fast jeden Hauses mit Gebrauchswasser abgezweigt, welches jedoch aus bekannten Gründen zum Trinken wenig geeignet ist. Diese Art der centralen Wasserversorgung der Stadt mit Gebrauchswasser besteht wohl schon Jahrhunderte lang.

Ausserdem wird das Trinkwasser aus Brunnen von Tiefen bis zu 50 m gewonnen.

Nach den Untersuchungen von Dr. E. Fricke (J. H. Meyer, Braunschweig 1886), welchem wir auch die vorstehenden Mittheilungen zum grössten Theile verdanken, besitzt das Wasser der im Muschelkalkgebiete des Elmes entspringenden Quellen, welche die *Lutter* bilden, die folgende Zusammensetzung:

In 1 Liter:

Trockenrückstand	835	mg
(Mineralbestandtheile)		
Chlor	10,4	„
Schwefelsaure	262,0	„
Kieselsaure	3,7	„
Eisenoxyd	1,7	„
Calciumoxyd	278,5	„
Magnesia	50,0	„
Kaliumoxyd	1,0	„
Natriumoxyd	7,7	„
Org. Substanzen in mg Sauerstoff . . .	0,78	„
Ammoniak, Salpeterige Saure. Salpetersaure	0	

Die Härte entspricht 34,8 deutschen Härtegraden.

Die Brunnenwässer Königslutters und seiner Umgebung sind, ebenfalls nach den Untersuchungen von E. Fricke als Muschelkalkwässer, Tuffkalkwässer und Keuperwässer zu unterscheiden. Dem Ursprunge und der Aehnlichkeit der verschiedenen Wässer entsprechend, lassen sich dieselben in fünf Gruppen eintheilen.

I. Wässer, welche ähnlich sind dem Lutterwasser.

1000 ccm enthalten Milligramm	Trocken- rückstand	Chlor	Schwefel- saure	Org. Sub- stanzen in mg Sauerstoff	Ammoniak	Salpeterige Saure	Deutsche Härtegrade	Salpeter- saure
Lutterwasser	835	10,4	262	0,78	0	0	34,8	0
Quelle unter den Eichen	812	10,6	220	1,56	0	0	34,0	0

II. Wässer, welche ähnlich sind dem Kuhspringwasser¹⁾.

1000 cbm enthalten Milligramm	Trocken- rückstand	Chlor	Schwefel- saure	Org. Sub- stanzen in mg Sauerstoff	Ammoniak	Salpeterige Saure	Deutsche Härtegrade	Salpeter- saure
Kuhspringwasser	470	34	9,9	0,48	0	0	19	0
Brunnen der Spritfabrik	410	46	19,8	0,709	0	Spur	16	0,01

III. Tuffkalkwässer.

Als Repräsentant eines reinen Wassers des Tuffkalklagers ist das Wasser der Renne zu bezeichnen, deren Quelle oberhalb Königslutter in dem Tufflager entspringt.

¹⁾ Kuhspring ist eine ebenfalls am Elme entspringende Quelle, deren Wasser erst unterhalb Königslutter sich mit der Lutter vereinigt.

1000 ccm enthalten Milligramm	Trocken- rückstand	Schwefel- saure	Chlor	Org. Sub- stanzen in mg Sauerstoff	Ammoniak	Salpetrige Säure	Salpeter- saure	Deutsche Hartgrade
Quelle der Renne . . .	556	101	12,9	0,86	0	0	10	20,3
Brunnen des Tischlermeisters Schmal- bruch	600	115	19,5	0,43	0	0	27	21
Leinwebers Severin . .	688	143	37,4	0,87	0	Spur	50	22,5
Maurers Dietz	672	120	23,4	0,759	0	0	28	21
Kaufmannes Marx . .	760	114	37,4	0	Spur	0	42	22,5
Sattlers Pinkernelle . .	830	152	51,8	0	0	Spur	60	23
Kurschnermeisters Thiemann	650	120	33,9	2,78	0	zieml. viel	54	21,5
Seilermeisters Ohle . .	566	168	151,9	1,34	Spur	zieml. viel	114	26,3
Kalkofenbesitzers Freitag	600	150	19,7	1,518	0	Spur	11	22,5
Schaferspring	620	130	28	1,26	Spur	0	37	23,5
Zimmermanns Batge . .	700	123	19,7	1,09	0	0	5	23

IV. Keuperwässer.

Brunnen des Stellmachermeisters Muller	2512	725	39,9	2,53	Spur	Spur zieml. viel	300	64
Ruhland's Wohnhaus . .	1806	477	174,5	0	0	viel	119	28,5
Ruhland's Oekonomie . .	2082	506	119,5	3,14	Spur	viel	390	54
Maurermeisters Helmke. Dr. Griepenkerl'schen Hauses	1604	400	182	2,02	0	zieml. viel	290	25
	2035	4200	182	2,93	0	Spur	410	55

V. Tuffkalkwässer, welche im unterirdischen Laufe
Keuperschichten passirt haben.

Brunnen des Forstaufsehers Schrader .	1252	200	95,9	2,02	Spur	zieml. viel	270	26,2
Fricke, Muhlenstrasse .	680	100	37,4	0,93	0	0	49	25
Kalkofenbesitzers Gebhardt	928	113	73,9	1,01	0	0	92	27
Zimmermeisters Dunker .	840	177	25,9	4,5	0	0	37	25,8
der Neuen Zuckerfabrik	1100	230	50,38	1,1	0	0	16	25

Die grössere Menge des in den Keuperwässern als Kochsalz vorhandenen Chlors kann nicht als Maassstab für die Verunreinigung dieser Wässer betrachtet werden, sondern wird auf Auslaugung eines kochsalzhaltigen Bodens zurückzuführen sein, weshalb die Keuperwässer vom

chemischen Standpunkte aus nur nach dem Auftreten von grösseren Mengen organischer Substanz, salpetriger Säure und Salpetersäure zu beurtheilen sind. Dagegen muss in dem Wasser des Muschelkalkes und des Tuffkalkes, da in diesen Kochsalz vollständig fehlt, auch das Wasser der Lutter, des Kuhsprings und der Renne nur sehr geringe Mengen Chlor enthält, ein grösserer Gehalt an diesem auf eine Verunreinigung zurückgeführt werden.

Mit wenig Ausnahmen befindet sich Königslutter im Besitze eines zwar harten, aber brauchbaren Trinkwassers. Da aber fast alljährlich kleinere oder grössere Typhus-Epidemien sich in der Stadt gezeigt haben, dürfte eine genaue bacterioskopische Untersuchung der die betreffenden Häuser versorgenden Brunnen angezeigt sein. Eine Verbesserung der nach dem chemischen Befunde verdächtigen Wasser dürfte leicht zu erreichen sein, wenn eine sorgfältige Ausmauerung der vorhandenen Senkgruben, eine Verdichtung der Flussufer der Lutter und eine solche der oberen Schichten der Umfassungsmauern der Brunnen ausgeführt würde.

D. Amtsgerichtsbezirk Vorsfelde.

12617 Einwohner, 2707 Haushaltungen, 1907 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Keine Ortschaft ist mit einer öffentlichen Trinkwasserleitung versehen.

E. Amtsgerichtsbezirk Calvörde.

4505 Einwohner, 1008 Haushaltungen, 605 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Keine Ortschaft ist mit einer öffentlichen Trinkwasserleitung versehen.

IV.

Kreis Blankenburg.

Der Kreis *Blankenburg* mit 31966 Einwohnern, 7327 Haushaltungen und 4157 bewohnten und unbewohnten Gebäuden hat 24 Ortschaften, von diesen sind sechs mit öffentlichen Wasserleitungen versehen.

A. Amtsgerichtsbezirk Blankenburg.

18424 Einwohner, 4120 Haushaltungen, 2262 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Blankenburg a. Harz, Stadt mit 9289 Einwohnern, am Rande des Harzes am Blankensteine (jetzt gewöhnlich „Schlossberg“ genannt) am Blankenburgischen Bache gelegen. Der Bahnhof liegt in einer

Meereshöhe von 198 m, die mittlere Höhe der Stadt am Lühner Thore beträgt 238 m. Die Stadt besitzt seit 1882 eine Quellwasserleitung von 29 740 m Länge, 1175 cbm haltenden Wasserreservoirien und 130 Hydranten, welche in 24 Stunden 736 cbm Wasser liefert (also pro Kopf der Bevölkerung 79,3 Liter). Dieselbe ist in die Wohnhäuser geführt, daneben bestehen auch einige öffentliche Wasserausläufe auf Strassen und Plätzen. Die Gesamtkosten der Anlage betragen 198 366 Mk., also pro laufenden Meter Rohrleitung 6,67 Mk., die laufenden Kosten pro Jahr 600 Mk.

Die zur Speisung der Wasserleitung dienenden Quellen liegen im südlich und südwestlich der Stadt gelegenen, vorwiegend aus (mit Grauwacke und Grünstein durchsetzten) Thonschiefer bestehenden Gebirge in einer Höhe von 200 bis 300 m über dem Mittelpunkt der Stadt.

Die beiden zur Speisung der Leitung dienenden Quellen führen ein Wasser von ausgezeichneter Reinheit, welches als Trink- und Gebrauchswasser gleich gut geeignet ist.

Die mikroskopische Untersuchung ergab die völlige Abwesenheit von Mikroorganismen. Bei der chemischen Untersuchung wurden die folgenden Werthe erhalten. In 1 Liter mg:

	Quelle I ¹⁾	Quelle II ²⁾
Abdampfdruckstand bei 120°	300	407,5
„ „ geglüht	298	404,5
Chlor	14,1	15,2
Chlornatrium	23,3	25,1
Schwefelsäure (SO ₃)	44	56,5
Oxyde alkalischer Erden (Harte)	53,6	56,3
Organische Substanzen	9,9	12,3

Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure waren in beiden Wässern nicht vorhanden.

Hüttenrode, Pfarrdorf mit 1207 Einwohnern, in 477 m Meereshöhe auf einer Hochebene gelegen, besitzt seit 1884 eine Wasserleitung mit einem 72 cbm haltenden Wasserreservoirie und 14 Hydranten, die in 24 Stunden 108 cbm Wasser liefert.

Die Quellen kommen aus Wieder Schiefer.

Die chemische Untersuchung des Wassers ergab in 1 Liter:

Geloste organische Stoffe	39,9 mg
Chlornatrium	14,6 „

Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure waren nicht vorhanden.

Bei der bacterioskopischen Untersuchung wurden Bacterien zwar gefunden, doch gaben dieselben zu Bedenken keinen Anlass.

¹⁾ Quelle der Hauptwasserleitung.

²⁾ Quelle in dem Keller eines Hauses an der Poststrasse, welche etwa 60 Wohnhauser mit Trink- und Brauchwasser versorgt.

V.

Kreis Gandersheim.

Der Kreis *Gandersheim* mit 46 235 Einwohnern, 10 295 Haushaltungen und 5891 bewohnten und unbewohnten Gebäuden (nach der Volkszählung vom 1. December 1895), hat 74 Ortschaften, von diesen sind 36 theilweise oder ganz mit öffentlichen und vier mit privaten Wasserleitungen versehen, fast sämmtlich vom Kreisbauinspector, Bau-rath Müller in Seesen projectirt und veranschlagt und zum grösseren Theile ausgeführt.

A. Amtsgerichtsbezirk Gandersheim.

12 499 Einwohner, 2636 Haushaltungen, 1671 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Ackenhausen, Kapelldorf, 453 Einwohner, liegt unter dem „Heber“. Es besitzt seit 1885 eine 450 m lange aus glasirten Thonröhren bestehende Wasserleitung, die ein Reservoir von 2 cbm Inhalt, zwei Hydranten, bezw. Wasserpfosten besitzt und „reichlich“ Wasser liefert. Das Wasser entspringt einer dicht oberhalb des Dorfes in einem Garten nach der Höhe des „Hebers“ zu gelegenen Quelle. Die Gesamtanlagekosten betragen 1800 Mk., pro laufenden Meter Rohrleitung 4 Mk.

Das Wasser enthält nach einer am 16. August d. J. eigenhändig entnommenen Probe.

In 1000 ccm:

Harte	130	mg
Chlor	11,3	„
Organische Substanzen	17,05	„
Ammoniak, salpetrige Saure	0	

Die Zahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm betrug 8, darunter keine die Gelatine verflüssigenden.

Das Wasser ist demnach von vorzüglicher Reinheit und zu Brauch- und Genusszwecken sehr geeignet.

Die Wasserleitung versorgt nur den nördlichen Theil des Dorfes.

Bentierode, Kapelldorf, 233 Einwohner, liegt nahe bei Gandersheim. Es hat seit 1884 eine Wasserleitung, 1800 m lang, die ein Reservoir von 3 cbm Inhalt und vier Hydranten, bezw. Wasserpfosten besitzt und 90 cbm Wasser in 24 Stunden (also pro Kopf der Bevölkerung 390 Liter) liefert. Die Gesamtanlagekosten betragen 6000 Mk., pro laufenden Meter Rohrleitung 3,33 Mk.

Eine Untersuchung des Wassers liegt bis jetzt nicht vor.

Bodenburg, Flecken, 930 Einwohner, 158 m über dem Meeresspiegel auf einer Anhöhe des Oheberges gelegen, besitzt seit 1876 eine

1050 m lange Hochdruck-Wasserleitung, die 1883 gänzlich umgebaut wurde. Dieselbe hat ein Reservoir von 41,5 cbm Inhalt, 12 Hydranten, bezw. Wasserpfosten und liefert 70 cbm Wasser in 24 Stunden (also pro Kopf der Bevölkerung 75 Liter). Die Gesamtanlagekosten betragen 11 000 Mk., pro laufenden Meter Rohrleitung 10,40 Mk.

Eine Untersuchung des Wassers liegt bis jetzt nicht vor.

Clus, Kapelldorf mit 147 Einwohnern, am nördlichen Abhänge des Clusberges, hat eine Wasserleitung, die ihr Wasser einer südlich am Clusberge entspringenden Quelle entnimmt. Das Wasser enthält nach einer am 16. August d. J. eigenhändig entnommenen Probe.

In 1000 ccm:

Harte	60 mg
Chlor	9,2 "
Organische Substanzen	18,6 "
Ammoniak und salpetrige Saure	0

In 1 ccm betrug die Zahl der entwickelungsfähigen Keime 26, darunter 2, die die Gelatine verflüssigten.

Das Wasser ist demnach von vorzüglicher Reinheit und zu Brauch- und Genusszwecken sehr geeignet.

Dankelsheim, Kapelldorf mit 405 Einwohnern, hat eine Wasserleitung, deren Inhalt sich in verschiedenen Brunnen sammelt, aus denen es hochgepumpt werden muss. Das Wasser rührt her aus einer Quelle in dem südwestlich gelegenen Dankelsheimer Gemeindewalde. Die Leitung, bezw. die Sammelbrunnen im Orte sind in sehr defectem mangelhaftem Zustande. Bei einer am 16. August d. J. vorgenommenen Besichtigung ergab sich, dass mehrere Pumpen umgefallen und die Brunnen verschmutzt waren. Eine aus dem einzig noch im Gange befindlichen Brunnen an der Schule am 16. Aug. d. J. eigenhändig entnommene Wasserprobe zeigte folgende Bestandtheile.

In 1000 ccm:

Harte	72 mg
Chlor	14,16 "
Organische Substanzen	15,45 "
Ammoniak und salpetrige Saure	0

In 1 ccm betrug die Zahl der entwickelungsfähigen Keime 1264, darunter 928, die die Gelatine verflüssigten.

Nach der chemischen Untersuchung ist das Wasser als ein sehr gutes anzusehen. Die bacterioskopische Untersuchung hat aber so ungünstige Resultate ergeben, dass eine gründliche Revision und Instandsetzung der Leitng nur dringend angerathen werden kann.

Dannhausen, Kapelldorf, 314 Einwohner, auf der Westseite des Hebers gelegen, besitzt seit 1861 eine in der Hauptleitung aus glasirten Thonröhren bestehende 720 m lange Wasserleitung. Dieselbe besitzt ein Reservoir von 1 cbm Inhalt, vier Hydranten, bezw. Wasser-

pfosten und liefert reichlich Wasser. Das Wasser kommt aus einer ca. 300 m vom Orte im Acker an dem südlichen Ausläufer des „Hebers“ befindlichen Quelle. In den höher gelegenen Theilen des Dorfes wird das Wasser aus Brunnen, in denen es sich sammelt, gepumpt, in den tiefer gelegenen Strassen läuft es mit Hochdruck aus den Wasserpfosten. Die Gesamtanlagekosten betragen 2000 Mk., pro laufenden Meter Rohrleitung 3,92 Mk.

Das Wasser enthält nach einer am 16. August d. J. eigenhändig entnommenen Probe.

In 1000 ccm:

Harte	85,2 mg
Chlor	10,0 „
Organische Substanzen	13,9 „
Ammoniak, salpetrige Saure	0

In 1 ccm betrug die Zahl der entwickelungsfähigen Keime 16, darunter 4, die die Gelatine verflüssigten.

Das Wasser ist demnach von vorzüglicher Reinheit und zu Brauch- und Genusszwecken sehr geeignet.

Ellierode, Pfarrdorf, 240 Einwohner, unter dem Kühler gelegen, hat seit 1886 eine 455 m lange Wasserleitung, die ein 10 cbm fassendes Reservoir, sechs Hydranten, bezw. Wasserpfosten besitzt und 86 cbm Wasser in 24 Stunden (also pro Kopf der Bevölkerung 360 Liter) liefert. Das Wasser stammt aus einer Quelle im Pastoren-Garten dicht südwestlich über dem Dorfe gelegen. Eine am 16. August d. J. eigenhändig entnommene Probe zeigte folgende Bestandtheile:

In 1000 ccm:

Harte	130 mg
Chlor	8,4 „
Organische Substanzen	7,7 „
Ammoniak, salpetrige Saure	0

Die Zahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm betrug 44, darunter 2, die die Gelatine verflüssigten.

Das Wasser ist demnach von grosser Reinheit und zu Brauch- und Genusszwecken sehr geeignet.

Die Gesamtanlagekosten betragen 3600 Mk., pro laufenden Meter Rohrleitung 7,91 Mk.

Gandersheim, Stadt von 2851 Einwohnern, in 118 m Meereshöhe an den westlichen Ausläufern des Harzes gelegen, von der Gande durchflossen, besitzt eine centrale Wasserleitung nicht.

Zwar ist die Wasserversorgung der Stadt mit Quellwasser schon lange geplant, jedoch sind alle bisherigen Versuche zur Erschliessung einer geeigneten Menge reinen Quellwassers ohne Erfolg gewesen.

Zur Zeit sind wieder Vorarbeiten im Gange, welche ein günstiges Resultat erwarten lassen. Dieselben betreffen die Verwerthung des

Quellengebietes bei **Seeboldshausen**; das daselbst entspringende Wasser enthält nach unsern Untersuchungen in 1 Liter:

Abdampfdruckstand bei 120°	518,3 mg
Kalk	150 „
Magnesia	27,9 „
Harte	189 „
Schwefelsäure	3,3 „
Chlor	5,75 „
Organische Substanzen	0,79 „

Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure sind nicht vorhanden.

Die bacterioskopische Untersuchung ergab die Abwesenheit entwickelungsfähiger Keime.

Auf Grund dieser Untersuchungsergebnisse muss das Wasser als ein zwar hartes aber sehr reines Trink- und Gebrauchswasser bezeichnet werden.

Hachenhausen, Kirchdorf mit 130 Einwohnern, in 155 m Meereshöhe gelegen, hat für das Gut eine Privatwasserleitung mit Hochdruck, die einer etwa 2 Kilometer weit entfernten Quelle an den südlichen Ausläufern des „Heber“ entstammt. Eine am 16. August 1897 eigenhändig entnommene Probe zeigte folgende Bestandtheile:

In 1000 cbm:

Harte	170 mg
Chlor	9,9 „
Organische Substanzen	12,4 „
Ammoniak, salpetrige Säure	0

In 1 ccm betrug die Zahl der entwickelungsfähigen Keime 32, darunter 6, die die Gelatine verflüssigten.

Das Wasser ist demnach von vorzüglicher Reinheit und zu Brauch- und Genusszwecken sehr geeignet.

Heckenbeck, Pfarrdorf mit 576 Einwohnern, unweit der Leine. Der zugehörige Weiler, das Rittergut **Hilprechtshausen** mit 118 Einwohnern, hat eine Wasserleitung für das Gut.

Kreiensen, Kapellendorf, 1069 Einwohner, in 105 m Meereshöhe an der „Gande“, die hier den Namen „Aue“ annimmt, gelegen, besitzt seit 1892 eine 770 m lange Wasserleitung. Der Inhalt der Wasserreservoirs beträgt 8 cbm, es sind 10 Hydranten oder Wasserpfosten vorhanden, in 24 Stunden werden 86 cbm Wasser geliefert (also pro Kopf der Bevölkerung etwa 80 Liter). Die Gesamtanlagekosten betragen 5000 Mk., pro laufenden Meter 6,50 Mk.

Das Wasser ist bisher nicht untersucht, aber nach Angabe des Herzogl. Kreisbauinspectors sehr rein, weich und gesund.

Oestrum, Kapellendorf mit 127 Einwohnern, am Zusammenflusse der Alme und Riede gelegen, welche unterhalb Wahrstedt in die Lamme fällt, ist durch eine Wasserleitung reichlich mit Wasser versorgt.

Opperhausen, Pfarrdorf mit 749 Einwohnern, an der Aue gelegen, hat genügend Wasser durch eine Hochdruckwasserleitung.

Rimmerode, Kapellendorf mit 54 Einwohnern, am „Kühler“ gelegen, hat eine Wasserleitung mit genügend Wasser.

Wrescherode, Kapellendorf mit 375 Einwohnern, hat seit 1884 eine 1360 m lange Wasserleitung, die ein Wasserreservoir von 10 cbm Inhalt und 2 Hydranten bezw. Wasserpfeifen besitzt und in 24 Stunden 30 cbm Wasser liefert (also pro Kopf der Bevölkerung etwa 80 Liter). Die Gesamtanlagekosten betragen 6100 Mk., pro laufenden Meter Wasserleitung 4,48 Mk.

Die Leitung erhält ihr Wasser aus einer oberhalb Wrescherode am Nordabhänge des „Kühler“ im Felde gelegenen Quelle. Eine am 16. August eigenhändig entnommene Wasserprobe enthielt:

In 1000 ccm:

Harte	142,8 mg
Chlor	9,9 „
Organische Substanzen	9,3 „
Ammoniak, salpeterige Saure	0

Die Zahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm betrug 134, darunter 14, die die Gelatine verflüssigten.

Schachtenbeck, Vorwerk, zu **Wrescherode** gehörig (65 Einwohner), hat eine Wasserleitung mit Auslaufspfeifen. Die Leitung entstammt einer am Nordabhänge des „Kühler“ (Aebtissinnenberg) belegenen Quelle.

Eine eigenhändig am 16. August dieses Jahres entnommene Wasserprobe enthielt:

In 1000 ccm:

Harte	110 mg
Chlor	7 „
Organische Substanzen	12,24 „
Ammoniak, salpetrige Saure	0

Die Zahl der entwickelungsfähigen Keime in 1 ccm betrug 230, darunter 18, die die Gelatine verflüssigten.

Die beiden Wasser von **Wrescherode** und dem zugehörigen **Schachtenbeck** sind nach der chemischen Untersuchung sehr gut, die beträchtliche Anzahl von Keimen mahnt aber zu einer Revision der Leitungen.

B. Amtsgerichtsbezirk Seesen.

13050 Einwohner, 3008 Haushaltungen und 1626 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Badenhausen, Pfarrdorf mit 1043 Einwohnern, unweit der „Söse“ in 190 m Meereshöhe gelegen, hat für einzelne Ortstheile bezw. Strassen eine kleine öffentliche Wasserleitung. Durch *eine* private und *eine*

öffentliche Wasserleitung sind die mittleren und unteren Ortsteile versorgt.

Engelade, Kirchdorf mit 431 Einwohnern, an der kleinen Schildau gelegen, die sich hier mit der Nette vereinigt, die an der Schlackenmühle noch die Seckau aufnimmt, besitzt seit 1896 eine 2283 m lange Wasserleitung, deren Wasserreservoir 50 cbm Inhalt haben, mit 11 Hydranten bezw. Wasserpfosten. Es werden in 24 Stunden 450 cbm Wasser geliefert, also pro Kopf der Bevölkerung etwas mehr als 1 cbm. Die Gesamtkosten betragen 19 000 Mk., pro laufenden Meter Rohrleitung 8,32 Mk.

Das Wasser wurde untersucht und zeichnet sich durch grosse Reinheit und Güte aus.

Gittelde, Flecken mit 1204 Einwohnern, in 241 m Meereshöhe am nordwestlichen Vorsprung des Harzes gelegen, besitzt seit 1892 eine 3725 m lange Hochdruckwasserleitung mit 100 cbm Inhalt der Wasserreservoir und 20 Hydranten, bezw. Wasserpfosten, die in minimo 108 cbm Wasser in 24 Stunden liefert (also pro Kopf der Bevölkerung 89,6 Liter). Die Gesamtkosten betragen 27 000 Mk., pro laufenden Meter Röhrenleitung 7,25 Mk.

Das Wasser wurde untersucht und ist nach Urtheil des Herzogl. Kreisbauinspectors rein, gesund und weich.

Ildehausen, Kirchdorf mit 708 Einwohnern, in 181 m Meereshöhe gelegen, besitzt seit 1890 eine 740 m lange Wasserleitung, deren Wasserreservoir 6 cbm Inhalt haben, mit 4 Hydranten bezw. Wasserpfosten. Es werden in 24 Stunden in minimo 285 cbm Wasser geliefert (also pro Kopf der Bevölkerung ca. 400 Liter). Die Gesamtkosten betragen 3597 Mk., also pro laufenden Meter 4,86 Mk.

Eine Untersuchung des Wassers liegt nicht vor.

Nur der untere Theil des Dorfes ist von der Wasserleitung versorgt.

Kirchberg, Pfarrdorf mit 526 Einwohnern, am Fusse des Torenberges und an der Markau gelegen, die bei der Mühle in die Nette mündet, hat für einzelne Ortsteile bezw. Strassen eine kleine öffentliche Wasserleitung. Der östliche Ortsteil ist nur auf Brunnen angewiesen.

Münchehof, Pfarrdorf mit 915 Einwohnern, in 214 m Meereshöhe am Fusse des Harzes und an der Mündung des Pandelbaches in die Markau gelegen, hatte eine, allerdings jetzt verfallene, Wasserleitung.

Vorwerk **Fürstenhagen** (20 Einwohner) und Domaine **Stauffenburg** (16 Einwohner) haben Wasserleitung und genügend Wasser.

Seesen, Stadt mit 4462 Einwohnern, liegt in 209 m Meereshöhe am Fusse des Harzes an der kleinen Schildau. Seesen besitzt seit 1867 eine 6700 m lange Hochdruckwasserleitung mit Wasserreservoir von 400 cbm Inhalt und 25 Hydranten bezw. Wasserpfosten.

Ausserdem ist die Leitung in die weitaus meisten Wohnhäuser geführt.

Die Speisung der Leitung geschieht durch das Wasser des Schildaubaches, sowie des weniger bedeutsamen Granebaches. Das Wasser beider Bäche wird 20 Minuten oberhalb der Stadt zu einem Theile durch je in eine an deren Lauf anschliessende Röhrenleitung, in eine Kieswäsche geleitet und von dort zu dem gemeinschaftlichen Hochreservoir von 400 cbm Inhalt weiter geführt, von wo aus das Wasserleitungshauptrohr in Weite von 143 mm mit einer Druckhöhe von 42 m zur Stadt geht.

Es werden in 24 Stunden 1000 cbm Wasser geliefert, also pro Kopf der Bevölkerung 224 Liter.

Die Gesamtkosten betragen 84 000 Mk., also pro laufenden Meter 12,54 Mk.

Das Wasser ist einer chemischen Untersuchung von uns mit dem folgenden Erfolge unterworfen.

In 1 Liter sind vorhanden:

Abdampfdruckstand bei 120°	67,5 mg.
Abdampfdruckstand gegluht	65 „
Chlor	8,4 „
Chlornatrium	14,2 „
Schwefelsäure (SO ³)	31,5 „
Oxyde alkalischer Erden (Harte)	14,6 „
Organische Substanzen	26 „

Das Wasser ist frei von Ammoniak, salpetriger Säure und Salpetersäure.

Teichhütte, Dorf mit 173 Einwohnern, hat seit 1887 eine 1339 m lange Hochdruckwasserleitung mit 20 cbm haltenden Wasserreservoirern und 4 Hydranten bzw. Auslaufsposten. Es werden in 24 Stunden 160 cbm Wasser geliefert (also pro Kopf der Bevölkerung 0,925 cbm). Die Gesamtanlagekosten betragen 6208 Mk., pro laufenden Meter 4,49 Mk.

Das Wasser wurde nicht untersucht, ist aber nach Urtheil des Herzogl. Kreisbauinspectors rein, etwas hart und gesund.

Windhausen, Kirchdorf mit 658 Einwohnern, in 230 m Meereshöhe gelegen, besitzt eine von Seiten und auf Kosten der Bergverwaltung zu Grund 1865 bzw. 1894 erbaute Wasserleitung von 1500 m Länge, mit 4 cbm haltendem Wasserreservoir und 3 Pumpen. Dieselbe liefert in 24 Stunden 84 cbm (also pro Kopf der Bevölkerung 127 Liter).

Eine Untersuchung des Wassers hat bisher nicht stattgefunden.

C. Amtsgerichtsbezirk Lutter a. B.

12440 Einwohner, 2905 Haushaltungen und 1544 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Hahausen, Kirchdorf mit 881 Einwohnern, in 245 m Meereshöhe an der Neite gelegen, hat in dem zugehörigen Weiler **Neuekrug** (104 Einwohner) eine private Wasserleitung.

Herzog-Juliusshütte, Hütte im Innerste-Thale mit 60 Einwohnern, hat für einzelne Ortstheile eine kleine öffentliche Wasserleitung.

Jerze, Kapelldorf mit 203 Einwohnern, hat für einzelne Ortstheile bezw. Strassen eine kleine öffentliche Wasserleitung.

Langelsheim, Flecken mit 3108 Einwohnern, in 197 m Meereshöhe an der Innerste gelegen, hat eine private Wasserleitung.

Lutter a. B., Flecken mit 1828 Einwohnern, in 169 m Meereshöhe unweit der Neite gelegen, hat auf der Domaine eine private Wasserleitung.

Wolfshagen, Kirchdorf mit 1635 Einwohnern, im Harze am Töllerbache, 250 m über dem Meeresspiegel gelegen, hat seit 1891 eine 2500 m lange Hochdruckwasserleitung, deren Wasserreservoir 75 cbm fassen, mit 20 Hydranten bezw. Auslaufsposten. Es werden in 24 Stunden 120 cbm Wasser geliefert (also pro Kopf der Bevölkerung 70 Liter. Die Gesamtkosten betragen 18 012 Mk., pro laufenden Meter Röhrenleitung 7,60 Mk.

Das Wasser wurde untersucht und ist nach Angabe des Herzogl. Kreisbauinspectors rein, nicht sehr hart und gesund.

D. Amtsgerichtsbezirk Greene.

8246 Einwohner, 1746 Haushaltungen und 1050 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Ammensen, Kirchdorf mit 453 Einwohnern, in 142 m Meereshöhe am Reinbache gelegen, hat für einige Gehöfte eine Trinkwasserleitung.

Barkhausen, Kapelldorf mit 185 Einwohnern, hat seit 1877 eine ausreichende, 230 m lange Wasserleitung mit 6 cbm haltendem Wasserreservoir und 4 Hydranten bezw. Auslaufsposten.

Die Gesamtanlagekosten betragen 1500 Mk., pro laufenden Meter Rohrenleitung 6,52 Mk.

Das Wasser wurde bisher nicht untersucht, ist aber nach Angabe des Herzogl. Kreisbauinspectors rein, etwas hart und gesund.

Bruchhof, Dorf mit 77 Einwohnern, am Fusse des von Kreiensen nach Naensen ziehenden Hohenzuges gelegen, hat seit 1893 eine 650 m lange Hochdruckwasserleitung, mit 16 cbm haltenden Wasserreservoir und 3 Hydranten bezw. Auslaufsposten, die in 24 Stunden 17 cbm Wasser liefert, also pro Kopf der Bevölkerung 220 Liter. Die Gesamtanlagekosten betragen 3800 Mk., pro laufenden Meter 5,85 Mk.

Das Wasser wurde bisher nicht untersucht.

Brunsen, Pfarrdorf mit 343 Einwohnern, am Stroiterbache unter der Hube, 164 m über dem Meeresspiegel gelegen, besitzt seit 1893 eine 738 m lange Wasserleitung mit 9 cbm haltendem Wasserreservoir und 4 Hydranten bezw. Auslaufsposten, die in 24 Stunden 1080 cbm Wasser liefert, also pro Kopf der Bevölkerung 3,1 cbm. Die Gesamtanlagekosten betragen 4500 Mk., pro laufenden Meter 6,00 Mk.

Das Wasser wurde bisher nicht untersucht.

Delligsen, Flecken mit 1712 Einwohnern, in 130 m Meereshöhe, unter dem Hilse an der Wispe gelegen, besitzt seit 1878 eine 1800 m lange Wasserleitung mit 35 cbm haltenden Wasserreservoir und 12 Hydranten bezw. Wasserpfeifen, die in 24 Stunden 150 cbm Wasser liefert, also pro Kopf der Bevölkerung ca. 88 Liter. Die Gesamtanlagekosten betragen 14 000 Mk., pro laufenden Meter 7,77 Mk.

Das Wasser wurde bisher nicht untersucht, ist aber nach Angabe des Herzogl. Kreisbauinspectors rein, etwas hart und gesund.

Erzhausen, Kapelldorf mit 278 Einwohnern, unter dem Tödingsberge unweit der Leine gelegen, besitzt für einzelne Ortsteile bezw. Strassen eine kleine öffentliche Wasserleitung.

Eine Untersuchung des Wassers hat bisher nicht stattgefunden.

Garlebsen, Kapelldorf mit 232 Einwohnern, besitzt seit 1890 eine 1120 m lange Hochdruckwasserleitung mit 25 cbm haltenden Wasserreservoir und 5 Hydranten bezw. Wasserpfeifen, die in 24 Stunden 24 cbm Wasser liefert, also pro Kopf der Bevölkerung 103 Liter. Die Gesamtanlagekosten betragen 7742 Mk., pro laufenden Meter 6,90 Mk.

Das Wasser ist untersucht und nach Angabe des Herzogl. Kreisbauinspectors rein, nicht sehr hart und gesund befunden.

Greene, Flecken mit 1243 Einwohnern, in 105 m Meereshöhe an der Leine gelegen, besitzt seit 1874 eine 2200 m lange Wasserleitung, mit 10 cbm haltenden Wasserreservoir und 8 Hydranten bezw. Wasserpfeifen, die reichlich Wasser liefert. Die Gesamtanlagekosten betragen 22 368 Mk., pro laufenden Meter 10,15 Mk.

Das Wasser ist bisher nicht untersucht, aber nach Angabe des Herzogl. Kreisbauinspectors rein, etwas hart und gesund.

Ippensen, Dorf mit 115 Einwohnern, an der Leine belegen, besitzt seit 1877 eine 575 m lange Wasserleitung mit 8 cbm haltendem Wasserreservoir und 2 Hydranten bezw. Wasserpfeifen, die 36 cbm Wasser in 24 Stunden liefert, also pro Kopf der Bevölkerung 313 Liter. Die Gesamtanlagekosten betragen 3120 Mk., pro laufenden Meter 5,42 Mk.

Das Wasser ist bisher nicht untersucht, aber nach Angabe des Herzogl. Kreisbauinspectors rein, etwas hart und gesund.

Kaierde, Kirchdorf mit 1055 Einwohnern, in 166 m Meereshöhe an der Wispe unter dem Hilse gelegen, besitzt seit 1887 eine 1837 m

lange Hochdruckwasserleitung mit 50 cbm haltenden Wasserreservoirs und 15 Hydranten bzw. Wasserpfeifen, die 95 cbm Wasser in 24 Stunden liefert, also pro Kopf der Bevölkerung 90 Liter. Die Gesamtanlagekosten betragen 11000 Mk., pro laufenden Meter 6 Mk.

Das Wasser ist untersucht und nach Angabe des Herzogl. Kreisbauinspectors sehr rein und weich befunden.

Voldagsen, Kapellendorf mit 202 Einwohnern, am Stroiterbache gelegen, der hier in das Krumme-Wasser einmündet, hat eine Privat-Wasserleitung.

VI.

Kreis Holzminden.

Der Kreis *Holzminden* mit 48739 Einwohnern, 10042 Haushaltungen und 5922 bewohnten und unbewohnten Gebäuden, hat 72 Ortschaften, von diesen sind 21 mit öffentlichen Wasserleitungen versehen.

A. Amtsgerichtsbezirk Holzminden.

19069 Einwohner, 3785 Haushaltungen, 1911 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Altendorf, Pfarrdorf mit 1070 Einwohnern, an der Holzminde gelegen, hat Wasserleitung mit 8 Hydranten.

Bevern, Flecken mit 2171 Einwohnern, in 101 m Meereshöhe am Beverbache gelegen, hat eine 2408 m lange Wasserleitung, die in den Jahren 1876, 1883 und 1889 erbaut wurde, mit 15 Hydranten im Orte und 5 auf dem Gehöfte des Herzogl. Wilhelmsstiftes und des Domainenhofes Forst und Wasserreservoirs von 25 cbm Inhalt. Die Leitung ist aus Eisenröhren hergestellt, liefert 410 cbm in 24 Stunden (also pro Kopf der Bevölkerung 189 Liter), kommt aus Kalksteinschichten und hat 15 696 Mk. gekostet, also pro laufenden Meter 6,52 Mk.

Derenthal, Pfarrdorf mit 643 Einwohnern, im Sollinge am Steinbache gelegen, hat seit 1876 eine 3860 m lange Wasserleitung, mit 7 Auslaufpfeifen, ohne Wasserreservoir, die reichlich Wasser liefert, aus Thonröhren hergestellt ist, aus bunten Sandsteinschichten stammt und 12815 Mk. gekostet hat, also pro laufenden Meter 3,32 Mk.

Das klare, farblose und geruchlose Wasser, wovon am 10. Juli eigenhändig Probe genommen wurde, ergab uns bei der Untersuchung die folgenden Zahlen. In 1000 ccm:

Chlor	9,94 mg
Oxyde alkalischer Erden (Harte)	35 „
Organische Substanzen	7,9 „
Ammoniak, salpetrige Saure und Salpetersaure sind nicht vorhanden.	

In 1 ccm waren 154 Keime von Mikroorganismen, darunter 2, die die Gelatine verflüssigten.

Das Wasser ist nach der chemischen Untersuchung als ein sehr gutes anzusehen. Die ziemlich beträchtliche Zahl von Mikroorganismen mahnt zu einer Revision der Leitung.

Fohlenplacken, Kapelldorf mit 133 Einwohnern, im Sollinge an der Holzminde gelegen, hat seit 1885 eine 1103 m lange Wasserleitung mit 5 Auslaufsposten, ohne Wasserreservoir, die aus Eisenröhren hergestellt ist, reichlich Wasser liefert, welches aus bunten Sandsteinschichten stammt. Die Leitung kostete 6299 Mk., also pro laufenden Meter 5,71 Mk.

In dem klaren, farblosen und geruchlosen Wasser, eigenhändig am 11. Juli d. J. als Probe entnommen, wurden von uns gefunden in einem Liter:

Chlor	9,93 mg
Oxyde alkalischer Erden (Harte)	10 "
Organische Substanzen	6,3 "
Ammoniak, salpetrige Saure, Salpetersaure	0

In 1 ccm waren enthalten 78 Keime von Mikroorganismen, von denen 4 die Gelatine verflüssigten.

Das Wasser ist von grosser Reinheit und zu Brauch- und Genusszwecken sehr geeignet.

Fürstenberg, Kirchdorf mit 759 Einwohnern, auf einer Anhöhe von 143 m über Meereshöhe an der Weser gelegen, hat eine Wasserleitung mit einem Auslaufsposten.

Das klare, farblose und geruchlose Wasser, am 10. Juli d. J. eigenhändig als Probe entnommen, enthält in einem Liter:

Chlor	9,23 mg
Oxyde alkalischer Erden (Harte)	10 "
Organische Substanzen	14,2 "
Ammoniak, salpetrige Saure, Salpetersaure	0

In 1 ccm waren 94 Keime von Mikroorganismen enthalten, darunter 10, die die Gelatine verflüssigten.

Das Wasser ist gut und zu Brauch- und Genusszwecken geeignet.

Holzminden, Stadt mit 9071 Einwohnern, in 99 m Meereshöhe an der Weser gelegen, wo diese die Holzminde aufnimmt, besitzt seit dem Jahre 1887 eine centrale Wasserversorgung durch Quellwasser. Die vorhandene Anlage liefert eben 620 Liter Wasser in der Minute, wird aber nach Ausführung einer für diesen Sommer geplanten Zuleitung einer zweiten Quelle in der Minute 900 Liter Wasser oder in 24 Stunden 1296 cbm zu liefern im Stande sein (also pro Kopf der Bevölkerung 132 Liter). Die zur Zeit zum Speisen der Leitung dienende Quelle liegt 90 m über dem Spiegel der Weser und etwa 5 km

eine Wasserleitung von 2567 m Länge, mit 20 Hydranten und 30 cbm haltenden Wasserreservoirs, die in 24 Stunden 130 cbm Wasser liefert, also pro Kopf der Bevölkerung 135 Liter. Das Wasser stammt aus Kalkstein. Die Leitung ist aus Eisenröhren hergestellt und kostete 19832 Mk., also pro laufenden Meter 7,73 Mk.

Heinade, Pfarrdorf mit 550 Einwohnern, zwischen dem Sollinge, Holzberge und Henkenberge, hat seit 1884 eine 2936 m lange Wasserleitung mit 8 Auslaufpfosten, ohne Wasserreservoir, die reichlich Wasser liefert. Das Wasser kommt aus „Bunten-Sandstein-Schichten“, die Leitung ist aus Eisenröhren hergestellt und hat 15025 Mk. gekostet, also pro laufenden Meter 5,12 Mk.

Hellenthal, Kapellendorf mit 566 Einwohnern, in 269 m Meereshöhe in einem Sollingthale gelegen, hat seit 1893 eine 1779 m lange Wasserleitung mit 12 Hydranten, 25 cbm haltenden Wasserreservoirs, die in 24 Stunden 28 cbm Wasser liefert (also pro Kopf der Bevölkerung 49 Liter). Das Wasser stammt aus Kalkstein, die Leitung ist aus Eisenröhren hergestellt und hat 12083 Mk. gekostet, also pro laufenden Meter 6,79 Mk.

Das Wasser hat sich nach den Angaben des Herzogl. Kreisbauinspectors als vorzüglich für Haushaltungszwecke erwiesen.

Holenberg, Dorf mit 584 Einwohnern, in 224 m Meereshöhe am Vogler gelegen, hat seit 1881 eine Wasserleitung von 1988 m Länge mit 13 Auslaufpfosten und Wasserreservoirs von 40 cbm Inhalt, die reichlich Wasser liefert. Das Wasser stammt aus Kalksteinschichten, die Leitung ist aus Eisenröhren gebildet und hat 14415 Mk. gekostet, also pro laufenden Meter 7,25 Mk.

Stadtoldendorf, Stadt mit 2895 Einwohnern, in 195 m Meereshöhe, am Kelleberge, unweit des Rauch- und Forstbaches gelegen, hat drei Wasserleitungen mit 6 Hydranten und 7 Auslaufpfosten. Es ist dies 1. die Wallbrunnenleitung, 2. die Holzbergleitung und 3. die im Besitze der Königl. Preussischen Eisenbahnverwaltung stehende Eisenbahnwasserleitung. Alle drei Wasserleitungen werden durch Quellwasser versorgt. Die städtische Wallbrunnenleitung besteht seit alter Zeit, die Holzbergleitung ist im Jahre 1878 eingerichtet, während die Eisenbahnwasserleitung im Jahre 1864 ausgeführt ist. Die Wallbrunnenleitung liefert innerhalb 24 Stunden ca. 1,4 cbm, die Holzbergleitung ca. 2,8 cbm und die Eisenbahnwasserleitung etwa 1,15 cbm. Die Eisenbahnwasserleitung ist in drei herrschaftliche Grundstücke (Amtsgericht, Forstmeisterei und Oberforsterei) geführt und speist auch drei öffentliche Wasserleitungsausläufe. Die Wallbrunnenleitung speist mit einer einzigen Ausnahme nur öffentliche Wasserausläufe, während die Holzbergleitung ebenfalls eine Anzahl öffentliche Wasserausläufe versieht und ausserdem in ca. acht Grundstücke geführt ist.

Die Eisenbahnleitung entspringt im Buntsandstein im Forstorte Mardick, unweit der Homburg, die Wallbrunnenleitung im Muschelkalke am Kellberge und die Holzbergleitung in dem den Fuss des Holzberges bildenden Gyps. Die von uns ausgeführte Untersuchung der Quellwässer führte zu folgenden Ergebnissen:

In 1000 ccm Milligramm	Eisenbahn- wasserleitung	Wallbrunnen- leitung	Holzbergleitung
Verdampfungsruckstand bei 120°	170,0	241,8	1747,2
Harte	75	98	460
Chlor	11,3	7	17,7
Schwefelsaure	—	—	765
Organische Substanzen .	1,8	3,7	4,1
Ammoniak	0	0	0
Salpetrige Saure	0	0	0
Salpetersaure	0	0	0

C. Amtsgerichtsbezirk Eschershausen.

12485 Einwohner, 2659 Haushaltungen, 1745 bewohnte und unbewohnte Gebäude.

Brunkensen, Pfarrdorf mit 604 Einwohnern, im Thale der Gleene gelegen, hat seit 1895 eine 3317 m lange Wasserleitung, mit 13 Hydranten, ohne Wasserreservoir, die in 24 Stunden 1080 cbm Wasser liefert, also pro Kopf der Bevölkerung 1,78 cbm. Das Wasser stammt aus Dolomitschichten. Die Leitung ist aus Eisenröhren hergestellt und kostete 20379 Mk., also pro laufenden Meter 6,14 Mk.

Nach Mittheilung des Herzogl. Kreisbauinspectors hat sich das Wasser bei der chemischen Untersuchung als vorzüglich für Haushaltungszwecke erwiesen.

Eschershausen, Stadt mit 1609 Einwohnern, in 154 m Meereshöhe unter dem zu den Homburger Bergen gehörigen Kohlenberge an der Lenne gelegen, hat seit 1879 eine 1250 m lange Quellwasserleitung mit sieben Auslaufpfosten und drei Hydranten, ohne Wasserreservoir, die reichlich Wasser liefert. Ausser diesen 10 öffentlichen Wasserausläufen bestehen noch in 54 Wohnhäusern Anschlüsse an die Leitung. Die Leitung ist aus Eisenröhren hergestellt und kostete 15000 Mk., also pro laufenden Meter 12 Mk.; die Unterhaltungskosten waren bisher ganz gering.

Das Wasser entstammt einer Quelle, welche etwa 250 m oberhalb der Stadt, nach Süden, am Abhange des Stadtberges im rothen Sandsteine belegen ist. Sie liefert innerhalb 24 Stunden circa 115 cbm Wasser, also pro Kopf der Bevölkerung etwa 71 Liter.

Das Wasser ist klar, farblos und geruchlos, von grosser Reinheit

und von angenehmem Geschmack. Wir fanden bei der chemischen Untersuchung in einem Liter:

Abdampfdruckstand bei 120° . . .	1625	mg
Chlor	791	„
Chlornatrium	1307	„
Schwefelsaure	106	„
Oxyde alkalischer Erden (Harte).	88,8	„
Organische Substanzen	145	„

Ammoniak, Salpetrige Säure und Salpetersäure sind nicht vorhanden.

Grünenplan, Pfarrdorf mit 1273 Einwohnern, auf dem Hils in 199 m Meereshöhe unweit des Glasebaches gelegen, hat seit 1878 (bezw. 1888) eine 3157 m lange Wasserleitung mit 13 Auslaufpfosten, ohne Wasserreservoir, die reichlich Wasser liefert. Das Wasser stammt aus Kalksteinschichten, die Leitung ist aus Thonröhren hergestellt und hat 12919 Mk. gekostet, also pro laufenden Meter 7,04 Mk.

Hohenbüchen, Kirchdorf mit 277 Einwohnern, unter dem Hils gelegen, hat seit 1881 eine 3000 m lange Wasserleitung mit sechs Auslaufpfosten und Wasserreservoir von 40 cbm Inhalt, die in 24 Stunden 72 cbm Wasser liefert, also pro Kopf der Bevölkerung 260 Liter. Das Wasser stammt aus Kalksteinschichten, die Leitung ist auf 1200 m Länge aus Thonröhren, auf 1800 m Länge aus Eisenröhren hergestellt und kostete 13627 Mk., also pro laufenden Meter 4,54 Mk.

Westerbraak, Dorf mit 176 Einwohnern, zwischen dem Vogler und Rothenbrinke gelegen, hat seit 1885 eine 2006 m lange Wasserleitung mit sieben Hydranten und 15 cbm haltendem Wasserreservoir, die reichlich Wasser liefert. Das Wasser stammt aus bunten Sandsteinschichten, die Leitung ist aus Eisenröhren hergestellt und kostete 11557 Mk., also pro laufenden Meter 5,76 Mk.

D. Amtsgerichtsbezirk Ottenstein.

4205 Einwohner, 953 Haushaltungen, 698 bewohnte und unbewohnte Häuser.

Hohe, Pfarrdorf mit 217 Einwohnern, hat eine Wasserleitung mit Auslaufpfosten.

Lichtenhagen, Kapellendorf mit 325 Einwohnern, hat seit 1893 eine 1370 m lange Wasserleitung mit 15 Hydranten und 36 cbm haltenden Wasserreservoir, die in 24 Stunden 60 cbm Wasser liefert, also pro Kopf der Bevölkerung 184 Liter. Das Wasser stammt aus Kalksteinschichten. Die Leitung ist aus Eisenröhren hergestellt und kostete 19787 Mk., also pro laufenden Meter 14,44 Mk.

Nach Mittheilung des Herzogl. Kreisbauinspectors hat sich das Wasser bei der chemischen Untersuchung als vorzüglich für Haushaltungszwecke erwiesen.

Wie die nachstehend aufgeführte Tabelle zeigt, sind im Herzogthume Braunschweig nachweisbar über 5 Millionen Mark zur Anlage centraler Wasserversorgungen verausgabt. Etwa 19 Proc. der Ortschaften und 56,24 Proc. der Bevölkerung des Herzogthums sind an centrale Wasserleitungen angeschlossen. Auf die einzelnen Kreise berechnet, ergibt sich, dass im Kreise Braunschweig von 93 Ortschaften nur eine (die Stadt Braunschweig) entsprechend 1,07 Proc., im Kreise Wolfenbüttel von 104 Ortschaften 11 = 10,57 Proc., im Kreise Helmstedt von 90 Ortschaften deren 8 = 8,8 Proc., im Kreise Blankenburg von 24 Ortschaften 6 = 25 Proc., im Kreise Gandersheim von 74 Ortschaften 40 = 54 Proc. und im Kreise Holzminden von 72 Ortschaften 21 = 29 Proc. sich des Vortheils einer centralen Wasserversorgung erfreuen.

Kreis	Einwohnerzahl	Haushaltungen	Gebäude	Ortschaften	Anzahl der Ortschaften mit centraler Wasserleitung	Einwohner der Ortschaften mit centraler Wasserleitung	Procentgehalt der Ortschaften mit centralen Wasserleitungen	Procentgehalt der auf centrale Wasserleitungen angen Einwohner	Für Anlage centraler Wasserversorgungen sind verausgabt Mark
Braunschweig . . .	156 700	35 073	12 361	93	1	115 138	1,075	73,4	3 186 999
Wolfenbüttel . . .	79 901	17 761	9 427	104	11	29 203	10,57	36,5	768 593
Helmstedt . . .	70 672	15 797	8 028	90	8	25 476	8,8	36	394 724
Blankenburg	31 966	7 327	4 157	24	6	16 178	25,0	50,6	365 014 ¹⁾
Gandersheim . . .	46 235	10 295	5 891	74	40	28 826	54,05	62,3	261 347 ²⁾
Holzminden . . .	48 739	10 042	5 922	72	21	21 658	29,17	44,4	262 789 ³⁾
Summa . . .	434 213	96 295	45 786	457	87	236 479	19,04	56,24	5 239 466

Von den 14 Städten des Herzogthums sind zur Zeit nur noch drei, nämlich Gandersheim, Königslutter und Schöppenstedt auf die Benutzung von aus Brunnen zu schöpfendem Oberflächenwasser angewiesen, alle übrigen besitzen zum Theil vorzügliche centrale Wasserversorgungen.

Die vorstehend geschilderten Wasserversorgungsverhältnisse der Ortschaften des Herzogthums bieten im Ganzen ein erfreuliches Bild.

¹⁾ Repräsentirt die Anlagekosten der Wasserleitungen für fünf Ortschaften.

²⁾ Repräsentirt die Anlagekosten der Wasserleitungen in 21 Ortschaften, während für 17 Ortschaften uns nähere Angaben fehlen.

³⁾ Repräsentirt die Anlagekosten der Wasserleitungen in 15 Ortschaften, während für 6 Ortschaften uns nähere Angaben fehlen.

Einige Kreise sind in vorzüglicher Weise bestrebt gewesen, den Gemeinden gute, zum Theil vorzügliche Trinkwasserleitungen zu verschaffen. Andere stehen in dieser Beziehung sehr zurück. Hoffentlich nehmen sie sich an den besser mit Wasser versorgten Kreisen ein nachahmenswerthes Beispiel. Wer wie wir Gelegenheit gehabt hat, viele der gewöhnlichen Dorfbrunnen zu untersuchen und sich von ihrem häufig schlechten Zustande zu überzeugen, wird es als ein dringendes hygienisches Bedürfniss hinstellen, diesen Uebelständen durch eine centrale Wasserversorgung der einzelnen Dörfer abzuhelpen. Aber auch für diejenigen Ortschaften, die sich mit einer solchen versehen haben, ist es nach unseren Untersuchungen (wie z. B. für Dankelsheim, Wittmar u. s. w.) nothwendig, von Zeit zu Zeit das Wasser einer chemischen und bacterioskopischen Prüfung unterwerfen zu lassen, um rechtzeitig auf eventuelle Verunreinigungen oder im Laufe der Zeit eingetretene Mängel der Leitungen aufmerksam zu werden.

Zum Schlusse bleibt uns nur noch übrig, denjenigen, die uns bei dieser Arbeit unterstützt haben, unseren verbindlichsten Dank zu sagen, dem Herzoglichen Staatsministerium, das uns die Acten über die Wasserversorgung zur Verfügung stellte, der Herzoglichen Baudirection, speciell Herrn Bau- und Regierungsrath Brinckmann, den Bürgermeistern der Städte, sowie den Herzoglichen Kreisbauinspectoren Praun in Wolfenbüttel, Mittendorff in Helmstedt, Wilke in Blankenburg, Müller in Seesen und Hellemann in Holzminden, die uns genaue Angaben über die Anlage der einzelnen Wasserleitungen zukommen liessen.

Die Kürze der zur Anfertigung dieser Arbeit verfügbaren Zeit möge die mannigfachen Lücken entschuldigen, wir werden bestrebt sein, durch persönliche Besichtigung der Leitungen und Untersuchung der selbst genommenen Proben das Fehlende demnächst zu ergänzen.

ÜBER DEN
EINFLUSS DER TEMPERATUR
AUF DIE
ACIDITÄT EINIGER SÄUREN.

VON
P. DEGENER.

Es ist bekannt, dass es eine Anzahl Säuren giebt, welche, wenn sie sich mit der aus ihrer Formel zu berechnenden äquivalenten Menge einer starken Base vereinigt haben, basisch reagiren, z. B. auf Farbstoffe. Hierher gehören unter anderen: Phosphorsäure und schweflige Säure, ferner Kohlensäure.

Man ist nun geneigt, solche Säuren als *schwache* Säuren zu bezeichnen; jedoch scheint es, als ob diese Bezeichnung hier nicht ganz zutreffend wäre. *Schwache* Säuren sind nach Arrhenius solche, welche in Lösung am wenigsten dissociirt sind, wie Kohlensäure, Cyanwasserstoff, Borsäure; *mässig starke* Säuren solche, deren Dissoziationsverhältniss unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht über 10 Proc. hinausgeht, wie Phosphorsäure, schweflige Säure, Essigsäure und andere organische Säuren; *starke* Säuren sind Chlorwasserstoff, Salpetersäure, Schwefelsäure.

Nun zeigen aber die in Folgendem aufgeführten Versuche, dass für die Fähigkeit, mit starken Basen wirkliche Neutralsalze zu bilden, diese Eintheilung nicht maassgebend sein kann. Es giebt schwache bezw. mässig starke Säuren, welche solche Neutralsalze mit Kalium bilden, sowie andere, welche anscheinend bezüglich der Acidität stärker sind und dennoch in ihren gemischten Salzen basisch erscheinen. So ist das molekular hergestellte Kaliumsalz der Phosphorsäure, deren Acidität (Salpetersäure = 1) 0,25 ist, stark basisch bezw. alkalisch, das der bezüglich des Inversionsvermögens gegen Zucker z. B. weit schwächeren Essigsäure mit der Acidität 0,03 aber neutral.

Eine genügende Erklärung dieser Verhältnisse ist zur Zeit kaum zu geben; das, was man dafür anführt: Einfluss der Neutralsalze, sinkende Energie der zweiten etc. Säurehydroxyle im Vergleich zum ersten, bedarf selbst erst noch der Erklärung. Ich glaube, dass auch die Bildung von verschiedenen Hydraten und Hydratcomplexen dabei eine Rolle spielt, was um so wahrscheinlicher ist, als wir ja Beispiele haben, dass unter gewissen Verhältnissen selbst so schwache Säuren, wie Kohlensäure z. B., in der Orthokohlensäure, $C(OH)_4$, eine

grössere Anzahl an Säurehydroxylen als die gewöhnlichen enthalten können.

Zu dieser Vermuthung leitete mich eine Beobachtung, welche ich gelegentlich des Studiums eines technisch und pflanzenphysiologisch wichtigen Processes machte.

Schon Claassen¹⁾ hatte bemerkt, dass Asparagin verschiedene Acidität zeigt, je nachdem es in der Kälte oder Wärme titirt wird. Ich habe diese Verhältnisse näher studirt²⁾ und fand, dass sogar das *in der Wärme* gebildete neutrale Salz beim Erkalten wieder soviel Base abspaltete, dass der gebundene Rest dem *in der Kälte* gebildeten neutralen Salz entsprach. Aus diesem Verhalten musste ich schliessen, dass das Asparagin bei verschiedenen Temperaturen sich in verschiedenen Molekülcomplexen in Lösung befindet, an deren Bildung Hydrate sich betheiligen.

Ich werde im Folgenden die Versuche aufführen, welche ich angestellt habe, um diese in vielfacher Hinsicht wichtigen Fragen aufzuhellen. Denn nicht allein theoretisch Interessantes ergiebt sich aus denselben, sondern auch für die Industrie Bemerkenswerthes. Es kann keineswegs gleichgültig sein, zu wissen, dass es Säuren giebt, welche bei verschiedenen Temperaturen verschieden titiren, oder dass es solche giebt, welche, wie Asparagin, bei gewöhnlicher Temperatur kein Inversionsvermögen gegen Zucker besitzen, solches bei erhöhter Temperatur zeigen. Deshalb glaube ich, dass ein weiteres Studium dieser Erscheinung angezeigt ist. Ich habe mich zunächst lediglich auf Constatirung des Verhaltens verschiedener schwacher und mittelstarker Säuren gegen den wohl empfindlichsten acidimetrischen Indicator³⁾, das Phenolphtalein, beschränkt, und zwar in *nicht neutralisirtem* Zustande. Verwendet man neutralisirtes Phenolphtalein, so bekommt man weit weniger glaubwürdige Resultate⁴⁾.

Asparagin.

Das Asparagin, zugleich zweisäurige Base und einbasische Säure, titirt, auf das Molekulargewicht berechnet, in 0,5 procentiger Lösung bei 15° C. = 26,4 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalsäure statt 100,0 bei schwacher Röthung; darauf auf 100° erhitzt = 80,4 ccm bei ebenfalls schwacher Röthung.

Da nun nach Arrhenius u. A. mittelstarke und wohl mehr noch schwache Säuren bei Gegenwart ihrer Neutralsalze schwächer als in reinem Zustande, bei gleicher Concentration und gleichem Säuretitert, wirken, so war es denkbar, dass die langsamere Neutralisation, von

1) Zeitschrift des Vereins für Rubenzuckerindustrie d. D. R. 1894, S. 692.

2) Deutsche Zuckerindustrie 1897, S. 66 und 268.

3) Ostwald, Analytische Chemie, S. 138.

4) Degener, D. Deutsche Zuckerindustrie 1897, S. 67.

niederer Temperatur aufsteigend, andere Resultate gab, als wenn die Asparaginlösung erst auf 100° erhitzt und dann auf einmal titirt wurde.

Thatsächlich ist dies der Fall.

Es gebrauchten 1,5 g Asparagin, bei 100° sofort titirt:

92,4 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalsäure bis zur schwachen Röthung,

94,6 „ „ „ „ „ stärkeren Röthung,

96,0 „ „ „ „ „ starken constanten Röthung.

Also war ein Unterschied von 16 ccm constatirt.

Ebenso merkwürdig ist aber die Thatsache, dass heiss titirte Lösungen von Asparagin beim Abkühlen *wieder basisch werden*, so zu sagen das starke Kali wieder hinauswerfen, was man an der zunehmenden Röthung wahrnehmen und durch Zurücktitriren messen kann.

Obige Lösung gebrauchte, auf gewöhnliche Temperatur abgekühlt, 69 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalschwefelsäure bis zum Verschwinden der Farbe. Es waren also, in ziemlicher Uebereinstimmung mit dem in der Kälte ausgeführten Versuch, $96 - 69 = 27$ ccm $\frac{1}{10}$ -Normalschwefelsäure verbraucht worden.

Ich erwähne besonders, dass eine Abspaltung von Ammoniak nicht stattgefunden hatte.

Bei einer anderen Versuchsreihe habe ich nun, ebenfalls bei Anwendung von neutralisirtem Phenolphthaleïn, festgestellt, dass die Steigerung der Acidität ganz allmählich vor sich geht.

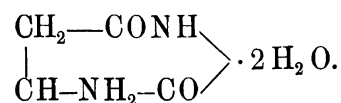
Es wurden von 0,25 g Asparagin verbraucht:

bei 0° C.	1,7 ccm	$\frac{1}{10}$ -Normalkali
„ 5° „	1,7 „	„
„ 15° „	2,2 „	„
„ 59° „	4,2 „	„
„ 74° „	5,0 „	„
bei 100° C.	6,7 resp. 7,3 ccm	$\frac{1}{10}$ -Normalkali.

Bei Anwendung von Rosolsäure wurden verbraucht:

bei 15° C.	0,3 ccm	$\frac{1}{10}$ -Normalkali
„ 100° „	4,5 „	„

Wenn die normale Acidität bei höherer Temperatur auf einmal aufträte, könnte man an eine einfache Hydrolyse denken, indem man dem Asparagin im festen Zustande die Formel gäbe:



Da aber die Acidität ganz allmählich ansteigt, so muss man an einen ebenso allmählichen Zerfall grösserer Molekülcomplexe denken, die unter gleichzeitiger Mitwirkung der oben erwähnten Orthosäurehydroxylye sich bei niederer Temperatur bilden.

Jedenfalls ist aus dem Verhalten des Asparagins auffallend genug, dass

1. seine Acidität in enormem Grade bzw. ganz und gar von der Temperatur seiner Lösungen abhängt, und dass
2. sogar in der Wärme gebundene starke Basen *beim Abkühlen wieder abgespalten werden*, so dass wieder alkalische Reaction auftritt.

Es erscheint mir nicht unwahrscheinlich, dass diese so eigenthümliche Eigenschaft des Asparagins für seine physiologischen Functionen in der Pflanze von Bedeutung ist, insofern es, als *Vorstufe* des Eiweisses, bei der Ablagerung von Reservennährstoffen, wie Stärke, Rohrzucker mitzuwirken hat und als *Abbauprodukt* des Proteins beim Keimungsprocess, welcher sich bei höherer Temperatur vollzieht, vortheilhafte Dienste bei der Ueberführung von Kohlenhydraten in eine transportable Form leistet.

Asparaginsäure.

Aehnlich wie das Asparagin verhält sich auch die *Asparaginsäure*, nur dass hier naturgemäss die Unterschiede nicht so in die Augen fallend sind. Es titirt eine $\frac{1}{10}$ -Normallösung (100 ccm) Asparaginsäure ¹⁾:

bei			$\frac{1}{10}$ -NKOH	Rothung des Phenolphthaleins	berechnet auf ein Molekül
	0°	47,0 ccm		schwach	94,0
„	+ 3°	48,2 „	„	stark	96,4
„	+ 30°	50 „	„	„	100,0
„	+ 64°	52,7 „	„	„	104,4
„	+ 79°	55,2 „	„	„	110,4
„	+ 98°	57,1 „	„	„	114,2
„	+ 100°	60,4 „	„	„	120,8
					nach 5 Minuten Kochen constant

Nach dem Abkühlen auf gewöhnliche Temperatur wurden bis zur Farblosigkeit noch 9,2 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalsäure verbraucht, so dass der Gesamtverbrauch bei gewöhnlicher Temperatur also 51,2 bzw. 102,4 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali betrug, also fast genau das Vierfache von dem, welches die Muttersubstanz, das Asparagin, erforderte:

ein Gramm-Molekül Asparagin = $100 \times 26,4$ ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali
 „ „ „ Asparaginsäure = $100 \times 102,4$ „ „ „

Wurde eine $\frac{1}{10}$ -Normallösung von Asparaginsäure auf 100° erhitzt, und dann rasch titirt, so verbrauchten 100 ccm derselben bis zur

¹⁾ Dass, entgegen den Angaben über ihre Löslichkeit in der Litteratur, eine solche herstellbar war, beruht auf dem Umstande, dass die Saure heiss gelöst wurde, und dass dieselbe sehr zur Bildung übersättigter Lösungen neigt.

Unter „Normalsäure“ ist übrigens hier wie überall bei mehrbasischen Säuren eine Lösung des Gramm-Moleküls dividirt durch $10 \times$ Werthigkeit verstanden.

starken und bleibenden Röthung 74,0 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali, wovon, nachdem auf 17,5° C. abgekühlt war, 21,1 ccm zurücktitrirt wurden. Die Gesammttitration für gewöhnliche Temperatur beträgt also 52,9 ccm.

Hieraus erhellt, dass auch die Asparaginsäure bei der Titration in der Kälte bezw. Wärme noch erhebliche Unterschiede zeigt, dass auch die Art, wie die höchste Titration in der Wärme erreicht wird, von Einfluss ist, und dass somit auch diese Säure nicht titrimetrisch bestimmt werden kann. Es scheint, als ob sowohl dieses Verhalten von Bedeutung für die physiologischen Functionen des Asparagins ist, als auch mit dem eigenthümlichen optischen Verhalten des Asparagins wie der Asparaginsäure in Verbindung steht.

Die Abspaltung der einen Amidgruppe hat der Asparaginsäure einen entschieden sauren Charakter gegeben; da aber die Acidität eines Moleküls Asparaginsäure die eines Moleküls Asparagin in der Hitze nur wenig übersteigt, so muss man annehmen — ohne dafür eine genügende Erklärung zu finden —, dass das erste Wasserstoffatom acider Natur auch hier das einer stärkeren Säure ist, als das zweite.

Bezüglich des Inversionsvermögens gegen Rohrzucker, welches Ostwald zur Bestimmung der Grösse der Säurewirkung heranzog ¹⁾, ist zu bemerken, dass die für Säuren, wie Asparagin und ähnliche, ermittelten Zahlen *doppeldeutig* sind. Wenn das Inversionsvermögen einer Säure ermittelt wird, deren Farbstoffacidität innerhalb der gewöhnlichen Temperaturintervalle nicht schwankt, so ist das mit der Temperatur ansteigende Inversionsvermögen *eindeutig* ²⁾. Aeussert sich aber auch jene Acidität erst mit steigender Temperatur, so ist es *zweideutig* und war also für meinen Zweck nicht heranzuziehen, da es sich hier nicht um zwei proportional ansteigende Factoren handelt. Ich musste also auf diese sonst sehr erwünschte Controle verzichten. Auch bezüglich der Milchsäure und ähnlicher Säuren, in welchen alkoholische Hydroxyle eine Verstärkung der entsprechenden Säure *ohne* solches Hydroxyl nach der Formel $\frac{m^2}{(1-m)v} = k$ bewirkt haben, sind weitere Untersuchungen im Hinblick auf die aus den unten aufgeführten Versuchen sich ergebenden, die Acidität steigernden Wirkungen der Temperaturerhöhung angezeigt!

Auch die Frage, wie das gesteigerte Hydrolysirungsvermögen mancher Säuren mit steigender Temperatur durch die Anwesenheit der während der niederen Temperaturen gebildeten hydrolysirten Stoffe beeinflusst wird, bedarf noch der Prüfung, ebenso die Frage, wie bei Neutralisationsvorgängen die bei niederer Temperatur gebildeten Neutralsalze hemmend oder fördernd auf die Restacidität wirken.

¹⁾ Journ. f. prakt. Chem. II, 79, 385.

²⁾ Journ. f. prakt. Chem. II, 32, 33; Hammerschmidt, Zeitschr. d. V. f. Rubenzuckerindustrie 40, 465; Zeitschrift f. physik. Chem. 4, 227.

Wenn die beiden besprochenen Verbindungen ein Beispiel dafür bilden, wie die Acidität einer Säure durch Temperaturerhöhung im *positiven* Sinne beeinflusst wird, so tritt das Umgekehrte bei der *schwefligen Säure* ein.

Schweflige Säure.

10 ccm einer schwefelsäurefreien, wässerigen, schwefligen Säure, welche 0,256 g SO_2 enthielten, also 80 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-KOH erfordern müssten, verbrauchten bei 0 bis $1^\circ = 87,8$ ccm. Die Säure erschien also *stärker*, als ihrer Formel entsprach. Als die Mischung nun erhitzt wurde, wurde die röthliche Farbe *tiefroth*, nach dem Abkühlen wieder blasser; um sie zum Verschwinden zu bringen, wurden bei gewöhnlicher Temperatur 1,0 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-Säure verbraucht.

Beim abermaligen Erhitzen trat die rothe Farbe wieder auf; *heiss* titrirt waren 3,8 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-Säure erforderlich.

Als zum dritten Male höher erhitzt wurde, trat die rothe Farbe abermals ein, so dass nochmals 2,1 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-Säure verbraucht wurden. Nunmehr war Constanz eingetreten, im Ganzen also 80,9 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-KOH verbraucht.

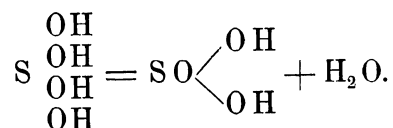
Ein zweiter Versuch mit derselben Säurelösung ergab Aehnliches. Es wurden in der Kälte zur *schwachen* Rosafärbung 87,4 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-Kali verbraucht; zum Kochen erhitzt wurde die *tiefrothe* Flüssigkeit mit 9,5 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-Schwefelsäure fast ganz entfärbt; abermals erhitzt wurde sie nochmals tiefroth und erforderte wiederum 3,0 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-Schwefelsäure.

Von einer in der Wärme beginnenden Titration wurde der grossen Flüchtigkeit der Säure wegen abgesehen.

Ein dritter Versuch ergab für 0,272 g SO_2 , welche theoretisch 85 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali erforderten, in der Kälte den Verbrauch von 90 ccm derselben Flüssigkeit; nach dem Kochen wurden 20 ccm bis zur Rosafärbung zurücktitrirt, bis zur Farblosigkeit ca. 23 ccm. In allen Fällen waren die Uebergänge zum Roth deutlich, umgekehrt undeutlich.

Wenn man nun bedenkt, dass die krystallisirte Verbindung $\text{K}_2\text{SO}_3 + 2 \text{ aq.}$ stark alkalisch reagirt, so erscheint es höchst bemerkenswerth, dass bei 0° *mehr* als die jener Formel entsprechende Menge KOH erforderlich ist, um auch nur neutrale Reaction herbeizuführen; ferner, dass beim Erwärmen Kali abgespalten wird, welches direct zurücktitrirt werden kann.

Ich bin der Ansicht, dass es sich hier wieder um ein Auftreten von Orthosäurehydroxylen handelt, dass in der Kälte diese *wirklich vorhanden sind*, beim Erwärmen aber unter Wasserbildung abgespalten werden, nach dem Schema:



Die erwähnten Hydroxyle würden dann ähnliche Functionen haben, wie bei den unten aufzuführenden organischen Säuren. Der Unterschied zwischen den Orthosäurehydroxylen des Asparagins und der Asparaginsäure wäre nur der, dass diese, vielleicht unter Vermittelung der NH₂-Gruppen, eine Neigung zur Bildung grösserer Molekülcomplexe mit weniger Angriffspunkten bei sinkender Temperatur zeigen, während die schweflige Säure zu solchen Complexen nicht neigt. Möglich, dass noch andere stärkere Säuren ein ähnliches Verhalten zeigen.

Milchsäure.

Ein auffallendes Verhalten zeigt die *Milchsäure*.

100 ccm einer $\frac{1}{10}$ -Normallösung derselben erforderten:

bei 0° C.	100,0 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-KOH
„ 50° „	101,0 „ „ „
„ 75° „	104,0 „ „ „
„ 80° „	107,2 „ „ „
„ 82° „	107,5 „ „ „
„ 86° „	108,0 „ „ „
„ 90° „	109,0 „ „ „
„ 95° „	109,0 „ „ „

Sofort heiss — bei 100° — titirt erforderten 100 ccm 112,0 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-KOH. Es trat Röthung schon bei 100 ccm ein, aber die Farbe verschwand wieder und war auch bei Zusatz von 112 ccm die Reaction offenbar noch nicht beendet.

Daraus ergibt sich, dass man Milchsäure nur in der Kälte titiren kann, und dass in der Wärme das Hydroxyl der CH₂OH-Gruppe säureartig zu wirken beginnt. Es ist also das Verhalten ähnlich dem des Asparagins und der Asparaginsäure.

Buttersäure.

Die *Buttersäure* zeigt bei 0° eine etwas schwächere Acidität, als bei 100° (am Rückflusskühler titirt). 100 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-Buttersäure erforderten:

bei 0°	97,9 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-KOH
„ 100°	98,85 „ „ „

Hier mag wohl der Grund in der Abschwächung der Säureintensität schwacher Säuren durch Gegenwart ihrer Neutralsalze liegen. *Auffallend aber ist, dass bei allen Säuren ohne alkoholische Hydroxyle*

der Farbumschlag rascher eintritt, als bei den Oxysäuren. Jene Hydroxyle üben also auf so empfindliche Indicatoren, wie Phenolphthalein, eine entschiedene Wirkung aus, wenn sie auch schwach ist, und beeinträchtigen die Schärfe der Reaction.

Essigsäure.

Die *Essigsäure* verbrauchte bei der Titration in der Kälte — 0° C. — 99,8 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-KOH, verhielt sich also normal. In der Siedhitze fand ich 96,05 ccm, doch ist die Zahl wegen der Flüchtigkeit der Säure unzuverlässig.

Ebenso normal verhielt sich die

Oxalsäure.

Bei 100° C. verbrauchten 100 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalsäure 99,9 ccm $\frac{1}{10}$ -Norm.-KOH, ebenso viel bei 100° und bei der directen Titration bei 95° 100,0 ccm.

Glutarsäure.

Die *Glutarsäure* verhielt sich abweichend. 100 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalsäure erforderten:

bei 0°	77 ccm	$\frac{1}{10}$ -Norm.-KOH	bis zur schwachen Röthung,
„ „	77,2 „	„ „ „	starken „

Bei 100° C. wurden 77,5 ccm verbraucht, von welchen aber bis zur Farblosigkeit bei sehr plötzlichem Umschlag 0,8 ccm zurücktitrirt wurden.

Hier war also ein Unterschied nicht zu constatiren, und es ist nur bemerkenswerth, dass, wenn man die eine Carboxylgruppe als vollwirkend ansieht, die zweite ziemlich genau halb so stark acidisch wirkt.

Bernsteinsäure.

Die *Bernsteinsäure* ergab sowohl bei gewöhnlicher Temperatur, bei 0° wie bei Siedhitze, einen höheren Säureverbrauch, aus unbekanntem Grunde.

100 ccm erforderten:

bei 0°	101,7 ccm	$\frac{1}{10}$ -Normal-KOH
„ 100°	101,7 „	„ „

Von diesen wurden 0,35 bis zur Entfärbung zurücktitrirt. Bei 100° direct titrirt, waren 101,5 ccm erforderlich.

Vielleicht lag eine nicht zu erkennende Verunreinigung mit Anhydrid vor, welches sich langsam in Hydrat umwandelte. Hierauf deutete das öftere langsame Verschwinden der intensiven Farbe beim längeren Agitiren der Lösung in der Kältemischung¹⁾.

¹⁾ Alle Titrationsen wurden, mit Ausnahme der bei hoherer Temperatur, unter lebhaftem Rühren der Flüssigkeit mittelst der Witt'schen Turbine ausgeführt.

Aepfelsäure.

Die *Aepfelsäure* verlor, mehrfach zerrieben, binnen 48 Stunden unter Luftleere und über Schwefelsäure 8 Proc. Wasser; 0,9 g der feuchten Säure würden also unter der Annahme der Wasserfreiheit im Maximum erfordert haben 92,0 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali, sie erforderten aber

bei 0° C.	93,4 ccm
„ 100° „	95,0 „

bis zur deutlich alkalischen Reaction. Also auch hier wirkte das alkoholische Hydroxyl mit.

Ebenso war dies der Fall bei der

Weinsäure.

Dieselbe wurde, ungetrocknet, zu einer $\frac{1}{10}$ -Normalsäure gelöst, und es erforderten je 100 ccm Lösung:

	ccm $\frac{1}{10}$ -Normal- kali	
Kahlbaum'sches Präparat bei . . . 0° C.	100,25	} bis zur schwachen Röthung
„ „ „ „ . . . 3° „	100,95	
„ „ „ „ . . . 44° „	101,05	
„ „ „ „ . . . 79° „	101,05	
Weinsäure des Handels 0° „	101,7	
Kahlbaum'sches Präparat direct bei 100° „	101,2	
Handelspräparat direct bei 100° „	101,05	

Somit wirken auch bei der Weinsäure die alkoholischen Hydroxyle, wenn auch schwach, mit.

Die Weinsäure zeigte aber nach einer anderen Richtung hin ein sonderbares Verhalten, welches meines Wissens noch nicht beobachtet ist

Es verbrauchten 100 ccm $\frac{1}{10}$ -Normallösung einer ungetrockneten Handelsweinsäure bei 0° C. 101,7 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali.

Dieselbe Säure wurde nunmehr vor der Auflösung bei 100 bis 105° C. getrocknet. Jetzt titirte die gleich procentige in der Kälte hergestellte Lösung bis zur starken Röthung bei 0° C., 60,0 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali.

Bei längerem Rühren mittelst der Witt'schen Turbine verschwand die Röthung wieder, und es konnten nun in verschiedenen Zwischenräumen von 5 bis 15 Minuten steigende Mengen $\frac{1}{10}$ -Normalkali zugesetzt werden, wobei die eingetretene Röthung stets wieder verschwand.

Nachdem 85,75 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali derart verbraucht waren, brachte ich, um mich zu überzeugen, ob Wärme dieses Verhalten beeinflusse, die entfärbte Flüssigkeit auf 51° C., und es erforderte nun dieselbe noch 3,9 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali bis zur deutlichen Röthung. Weiteres Erhitzen oder Abkühlen änderte hieran nichts, so dass die nicht getrocknete Säure 101,7, die einige Zeit bei 100 bis 105° getrocknete nur 89,65 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali gebunden hatte.

Mir scheint dies zweifellos darin begründet zu sein, dass die zu Wasserabspaltung und Hydratbildung so sehr geneigte Weinsäure¹⁾ bei der angewandten Trocknungstemperatur *ohne Gewichtsverlust*²⁾ schon in Wasser und ein inneres Anhydrid *sich theilweise spaltet*, und dass letzteres bei niederer Temperatur nicht hydrolysirt wird.

Bemerkenswerth aber und vorerst mir noch nicht erklärlich ist, dass diese Weinsäure nach der Neutralisation, die ja doch auch in der Wärme bei 89,65 Proc. constant bleibt, in neutraler oder schwach alkalischer Lösung bei Siedetemperatur *gleichfalls nicht hydrolysirt wird*. Wirken hier wieder Molekülcomplexe mit?

Dass ich nicht irre, wenn ich eine Anhydridbildung beim Trocknen in der Wärme annehme, dürfte sich daraus ergeben, dass dieselbe, bei 100 bis 105° getrocknete Weinsäure in *siedendem* Wasser gelöst und demnächst auf 0 bis 1° C. abgekühlt, die normale Titration von 101,3 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali zeigte, bis zur *deutlichen*, 100,6 ccm bis zur *eben bemerkbaren* Röthung. Nach dem Erhitzen veränderte sich die Farbe kaum.

Durch das Aufkochen mit Wasser war also das beim Trocknen gebildete Anhydrid hydrolysirt.

Es erscheint mir keineswegs unmöglich, dass auch andere organische Säuren ein ähnliches Verhalten zeigen, und da dasselbe ohne Zweifel *analytisch* wichtig ist, muss es weiter studirt werden.

Citronensäure.

Die *Citronensäure* (Kahlbaum'sches Präparat) erforderte in $\frac{1}{10}$ -Normallösung für 100 ccm bei 0° C. 101,0 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali. Beim Abkühlen der Flüssigkeit wurde sie etwas alkalischer und erforderte 0,45 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalsäure zum Zurücktitriren.

100 ccm der heisstitirten Lösung erforderten 101,7 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali, nach dem Abkühlen wurden 0,5 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalschwefelsäure zurücktitirt.

Die Citronensäure titirte also durch ihren Gehalt an alkoholischen Hydroxylen ebenfalls, und kalt wie heiss etwa gleich, höher.

Man kann somit derartige Säuren nicht genau titriren, sondern findet bei Phenolphthaleinanwendung stets etwas zu viel.

Auch die Citronensäure zeigt beim Trocknen derselben zwischen 100 bis 105° ein der Weinsäure analoges Verhalten.

Ein Präparat, von Kahlbaum bezogen, wurde zerrieben und bei genannter Temperatur mehrere Stunden getrocknet. Es verlor dabei 6,9 Proc. Wasser, also nicht die einem Molekül entsprechende Menge.

0,7 g dieser getrockneten Säure wurden in *kalttem* Wasser zu

¹⁾ cf. Degener, Die deutsche Zuckerindustrie 1896, S. 1818.

²⁾ Bei gewöhnlicher Temperatur über Schwefelsäure und unter Luftleere trat *kein* Gewichtsverlust ein, bei 100° ein solcher von 0,04 Proc. Dabei sintert das voluminöse Pulver stark zusammen.

100 ccm gelöst und auf 0° C. abgekühlt. Sie beanspruchten 100,4 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali; beim Erhitzen änderte sich die Farbe nicht, zur Farblosigkeit wurden 0,5 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalsäure verbraucht. Wirkliche Titration also 99,9 ccm, oder auf ein Molekül der wasserhaltigen Säure : 3 berechnet, 93,9 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali.

Dieselbe Säure wurde wiederum noch länger getrocknet, bis zur Konstanz. Sie sinterte ebenfalls und gab nur 7,6 Proc. Wasser ab, an Stelle von 8,57 Proc. Dies hat darin seinen Grund, dass durch die Sinterung stets von Neuem Wasser eingeschlossen wird, so dass man genöthigt ist, die Substanz wiederholt zu zerreiben.

Die getrocknete Substanz wurde nun in siedendem Wasser zu 100 ccm gelöst, und die abgekühlte Lösung bei 0° C. titrirt. Sie erforderte 110 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali. Beim Erhitzen der Lösung änderte sich die Farbe nicht, es wurden zur Farblosigkeit 1,3 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalsäure verbraucht. Die Farbenreactionen verliefen ziemlich scharf.

Die wirkliche Titration war also 108,3 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali, oder berechnet auf *wasserhaltige Säure* 100,4 ccm gegenüber 93,9 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalkali, welche die *kalt* gelöste, warm getrocknete Citronensäure erfordert hatte.

Also auch die Citronensäure zeigt die Eigenschaft, schon bei 100° innere Anhydride ohne Gewichtsverlust bilden zu können, welche erst durch Kochen mit Wasser hydrolysirt werden.

Ob man übrigens von einer „inneren Anhydridbildung“ hier und bei der Weinsäure sprechen soll, oder ob, wie Laurent und Gerhardt¹⁾ für die Weinsäure bei 135° C. annehmen, isomere Verbindungen entstehen, möge dahin gestellt bleiben.

Phosphorsäure.

Dieselbe zeigte zwischen kalter und heisser Titration keine erhebliche Unterschiede. In der Kälte gebrauchten 100 ccm $\frac{1}{10}$ -Normallösung 64,5 ccm $\frac{1}{10}$ -Normal-KOH. Beim Erhitzen wurde die rothe Farbe intensiver, beim Abkühlen wieder fast farblos, auf 0,30 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalsäure erfolgte Farblosigkeit. Also zeigt auch die Phosphorsäure eine Abnahme der Acidität, aber in sehr geringem Maasse; 100 ccm titrirten heiss bis zur *schwachen* Röthung 63 ccm $\frac{1}{10}$ -Normalschwefelsäure. Das Verhalten der Phosphorsäure erklärt sich dadurch, dass ihre drei Hydroxyle nicht gleichwerthig sind, bezw. dadurch, dass die Menge des gebildeten Neutralsalzes die noch vorhandene Acidität schwächte.

Fasse ich die gewonnenen Resultate zusammen, so ergeben sich etwa folgende Sätze:

1. Es giebt Säuren, und zwar anscheinend vorzugsweise organischer Natur und stickstoffhaltig, welche bei niederer Temperatur

¹⁾ Ann. Chem. Pharm. 70, 348.

ihrer Lösungen eine sehr geringe Acidität besitzen, die mit steigender Temperatur grösser wird. Der Grund liegt wahrscheinlich darin, dass diese Säuren bei niedriger Temperatur zur Bildung complexer, durch partielle Anhydrisirung zusammengehaltener Molekülaggregate neigen, welche bei steigender Temperatur unter Wasseraufnahme allmählich in immer kleiner werdende Gruppen zerfallen.

Hierher gehören: Asparagin, Asparaginsäure. Diese sind in der Wärme *stärkere* Säuren als in der Kälte.

2. Es giebt ferner Säuren, deren bei niedriger Temperatur gebildete Neutralsalze in der Wärme wieder alkalisch werden. Der Grund liegt wahrscheinlich in der Existenz sog. Orthosäuren bei niedriger Temperatur, welche bei höherer Temperatur in die gewöhnlichen Säuren unter Wasserabspaltung zerfallen.

Hierher gehören: Schweflige Säure und Kohlensäure.

Diese Säuren werden also in der Wärme *schwächere* Säuren sein.

3. Eine Anzahl Oxysäuren zeigt ferner die mehr oder weniger ausgesprochene Eigenschaft, dass ihre alkoholischen Hydroxylgruppen sich an der Acidität betheiligen, und zwar geschieht dies seitens der Citronensäure, Weinsäure, Aepfelsäure bereits in der Kälte und die Aciditätssteigerung durch Temperaturerhöhung ist gering oder unerheblich; bei der *Milchsäure* functioniren dagegen die alkoholischen Hydroxylgruppen in der Kälte nicht und ihr acidischer Einfluss wächst mit der Temperatur, so dass dieselbe nach dieser Richtung den in 1. aufgeführten Säuren gleicht.
 4. Manche Säuren ohne alkoholische Hydroxyle zeigen, entweder kalt oder heiss titrirt, dasselbe Verhalten, wie *Essigsäure*, *Oxalsäure*, wobei sie eine normale Acidität aufweisen; oder sie verhalten sich zwar auch kalt oder heiss fast gleich, zeigen aber eine abgeschwächte Acidität, vermuthlich durch den Einfluss gebildeten Neutralsalzes bzw. die differente Valenz der Säurehydroxyle bei mehrbasischen Säuren. Hierher gehören: *Glutarsäure*, *Phosphorsäure*.
 5. Endlich existiren Säuren, welche, in der Wärme getrocknet, ohne Gewichtsverlust innere Anhydride bilden, die, in der Kälte gelöst, keine oder schwächere Acidität besitzen. Beispiele dafür bieten die *Weinsäure* und *Citronensäure*, deren so bereitete Lösungen erst nach dem Aufkochen volle Säurewirkung zeigen.
 6. Ob die beobachtete höhere Acidität von Säuren, wie die *Bernsteinsäure*, welche kein alkoholisches Hydroxyl besitzt, auf einer Beimengung von Anhydrid oder auf anderen Umständen beruht, bleibt noch zu erweisen.
-