

BEITRÄGE ZUR GESCHICHTE
DER TECHNIK UND INDUSTRIE
JAHRBUCH DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
HERAUSGEGEBEN VON CONRAD MATSCHOSS BERLIN

1919

9.Band

BEITRÄGE ZUR GESCHICHTE DER TECHNIK UND INDUSTRIE

JAHRBUCH
DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

HERAUSGEGEBEN

VON

CONRAD MATSCHOSS

NEUNTER BAND

MIT 120 TEXTFIGUREN UND 4 BILDNISSEN



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH 1919

ISBN 978-3-662-39227-0 ISBN 978-3-662-40241-2 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-40241-2

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1919

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Beiträge zur Geschichte der Feinmechanik. Von Prof. Dr. L. Ambronn, Göttingen	1
Die Entwicklung des Schiffsankers bis zum Jahre 1500 n. Chr. Von Dr.-Ing. F. Moll, Berlin	41
Beiträge zur Entwicklung des Dampfkesselbaues in den letzten 50 Jahren. Von Ober- ingenieur Kugler †, Gustavsburg	53
Die geschichtliche Entwicklung der Eisen- und Stahlindustrie im Kreise Herrschaft Schmalkalden. Von A. Pistor, Schmalkalden	69
Der deutsche Werkzeugmaschinen- und Werkzeugbau im 19. Jahrhundert. Von Dipl.- Ing. Bertold Buxbaum, Charlottenburg	97
Vorläufer und Entstehen der Kammerschleuse, ihre Würdigung und Weiterentwicklung. Von Landesbaumeister Dr.-Ing. Richard Wreden, Hannover	130
Aus der Entwicklungsgeschichte des deutschen Werkzeugmaschinenbaues. Von Kommer- zienrat Otto Engelhard, Berlin	169

Beiträge zur Geschichte der Feinmechanik.

Von

Prof. Dr. L. Ambronn, Göttingen ¹⁾.

Versucht man die Entwicklung der mechanischen Kunst einer zusammenfassenden Betrachtung zu unterziehen, so treten gewisse Schwierigkeiten zutage, die namentlich darin ihren Grund haben, daß es nicht leicht ist, das Gebiet in zweckmäßiger Weise abzugrenzen, sowohl in bezug auf seine Ausdehnung über die einzelnen Zweige der Feinmechanik als auch hinsichtlich des historisch zu begrenzenden Zeitraumes. Eine Festsetzung mit Bezug auf das Altertum wird schon deshalb nötig weil gewiß mit dem Beginn auch der primitivsten Kultur einzelne mechanische Fertigkeiten sich ausgebildet haben werden, die aber noch nicht unter den Begriff der mechanischen Kunst eingereiht werden können. Mit der Entwicklung weiterer Bedürfnisse der menschlichen Tätigkeit werden auch die die Hände unterstützenden Werkzeuge eine ständige Ausbildung erfahren haben. Zuerst werden es diejenigen Dinge gewesen sein, die dem Menschen zu seinem täglichen Lebensunterhalt verhalfen, die Gerätschaften zur Jagd, zum Fischfang und dergleichen, die ihm zur Zubereitung der Nahrung und zur Einrichtung seiner Unterkunftsräume dienten, um ihn gegen die Unbilden der Witterung und des Klimas zu schützen. Besonders der letztere Umstand wird den Menschen aber auch auf die Vorkommnisse in der Natur aufmerksam gemacht und ihn veranlaßt haben, deren regelmäßiger Wiederkehr und ihren Ursachen nachzuforschen. Gerade diese Dinge sind es aber sicherlich gewesen, die den Begriff des Zeitmaßes und die Schätzungen nach räumlicher Ausdehnung hervorriefen. So sind es die Einrichtungen zur Abmessung gewisser Zeitintervalle und die Festsetzung von Strecken, von Entfernungen, die den Begriff des Messens bedingten. In der Tat finden wir zuerst das, was wir heute Uhren und Längenmaße nennen, wenn auch in der primitivsten Weise, bei den Völkerschaften vor. Es kann nun hier nicht die Aufgabe sein, die Entwicklung dieser Dinge von Anfang an zu verfolgen, sondern wir werden uns beschränken müssen, von einem gewissen Zeitpunkt an die Ausbildung solcher Einrichtungen zu betrachten, von dem aus von einer wirklichen mechanischen Kunst oder gar von einer Feinmechanik die Rede sein kann.

Es sind über diese Fragen der historischen Entwicklung der Technik ganz im allgemeinen schon eine Reihe von Abhandlungen und Studien vorhanden, auch mit Berücksichtigung der frühesten Zeiten, aber eine gesonderte Behandlung der Feinmechanik im engeren Sinne gibt es nicht, da auch eine scharfe Definition dessen, was in dieses Gebiet zu rechnen sein würde, noch nicht gegeben ist.

Was uns hier beschäftigen soll, mag dahin begrenzt werden, daß wir nur die Entwicklung eines gewissen Zweiges der mechanischen Kunst betrachten, nämlich

¹⁾ Ein Auszug aus dieser Arbeit erschien im 3. Sonderheft „Feinmechanik“ in der Zeitschrift „Der Betrieb“ im August 1919.

denjenigen, den wir heute als Feinmechanik im engeren Sinne bezeichnen, der die Herstellung von Apparaten und Instrumenten umfaßt, die zur Darstellung und zur Erforschung von Vorgängen im Gebiete der gesamten Naturwissenschaften, zur Veranschaulichung mathematischer Begriffe und zur zahlenmäßigen Feststellung der Ergebnisse von Forschungen und jeder Art von Messungen dienen. In etwas weiterem Sinne würde allerdings dahin auch die Schaffung von Werkzeugen gehören, die zur Herstellung und Prüfung der zu obigen Zwecken erzeugten Einrichtungen benutzt werden.

Wenn man sich auf diesen Teil der Technik beschränkt, so wird man von selbst dazu geführt, die Betrachtung etwa mit dem Aufleben der Naturforschung und des technischen Erlebens im Abendlande zu beginnen, welche um die Mitte des 15. Jahrhunderts anzusetzen sein würde. Es soll dabei gewiß nicht verkannt werden, daß die Erfahrung, welche die „Alten“, d. h. die Chaldäer, Ägypter, Griechen, Römer usw. besaßen, schon zur Ausführung vieler technisch wichtiger Dinge Veranlassung gegeben hat. Die Erzeugnisse sind aber immerhin so vereinzelt und z. T. nur in so mangelhaften Beschreibungen auf uns gekommen, daß wir bei ihnen von bestimmten Stufen der Entwicklung feinmechanischer Kunst oder gar von ihrer berufsmäßigen Ausführung nicht wohl reden können.

Jeder Forscher baute sich damals wohl ausnahmslos seine Apparate selbst, wie das natürlich auch später noch vielfach geschah und noch geschieht. Erst mit dem oben gegebenen Zeitpunkt beginnen, gegeben durch die Möglichkeit leichter Mitteilung und Vervielfältigung der Beschreibungen, allgemeine Bestrebungen, von Forschern angegebene Instrumente auch anderen zugänglich zu machen und für sie zum Gebrauch bereitzustellen. Dabei darf nicht außer acht gelassen werden, daß dann von den Herstellern der Instrumentarien auch gewisse Erfahrungen, Handfertigkeiten u. dgl. erworben wurden, die ihrerseits wieder zur Verbesserung und unter Umständen zu dem verwendeten Material Rechnung tragenden Veränderungen Anlaß gaben, wodurch sie den eigentlichen Grund zu unserem heutigen Feinmechanikergewerbe legten. Lassen wir also zunächst die Zeiten vor 1450 außer Betracht, auf die vielleicht bei anderer Gelegenheit eingegangen werden kann, so sind es die Erfindung der Buchdruckerkunst, die Seereisen der letzten Jahrzehnte des 15. Jahrhunderts, welche schließlich zur Entdeckung Amerikas, zur Erdumseglung der Magelhaenschen Flotte führten, die Aufstellung des kopernikanischen Weltsystems, die physikalischen Entdeckungen Galileis, die Erfindung des Mikroskops und später der Fernrohre, welche die eigentlichen Arbeiten der Feinmechaniker veranlassen und diesen Gelegenheit geben, ihre Kunst auszubilden und immer mehr den höheren Anforderungen entsprechend zu vervollkommen.

Es würde aber immer noch den Rahmen der hier zu besprechenden Dinge überschreiten, wenn wir das gesamte Gebiet der unzähligen Erzeugnisse der Feinmechanik behandeln wollten, wie sie den Zwecken der Naturforschung heute dienen, ganz abgesehen davon, daß zu solcher allgemein historischer Behandlung noch umfangreiche Spezialstudien erforderlich sind.

Es mögen sich daher die nachfolgenden Darlegungen besonders auf die Entwicklung derjenigen Apparate beschränken, wie sie die feinmechanische Kunst in den letzten drei Jahrhunderten vor allem für die Messungen von Längen und Winkeln mit immer größerer Vollkommenheit hergestellt hat. Dabei wird es nicht zu umgehen sein, auch auf die Ausbildung derjenigen Apparate mit einigen Worten

einzu gehen, die zur Verschärfung unseres Gesichtssinnes dienen, mag es sich dabei um die Sichtbarmachung sehr kleiner Strecken und Gebilde oder um das Vordringen in die fernsten Regionen des Weltenraumes handeln, denn in beiden Fällen ist das zu Hilfe genommene optische Prinzip genau dasselbe und das Mittel zur Erzeugung des Erfolges fast ausschließlich (wenigstens so weit es hier in Betracht kommt) das Glas und seine sachgemäße Verwertung zu optischen Linsen und Prismen.

Einen ganz besonderen Anteil an der Entwicklung der Feinmechanik haben die Uhrmacher des 15. und 16. Jahrhunderts. Sie waren diejenigen, welche mit der Anfertigung feiner und genauer Einzelteile Bescheid wußten, und sie konnten somit auch die Ausführung feinerer Meßinstrumente und besonders solcher für astronomische Beobachtungen übernehmen. Die Anforderungen der Schifffahrt, die mit der Erfindung der Reflektionsinstrumente, des Spiegelsextanten, durch Hadley veranlaßt wurden, machten es nötig, die alten primitiven Jakobsstäbe und ähnliche Einrichtungen beiseite zu legen und an ihrer Stelle die mit Kreisteilungen versehenen Instrumente zu gebrauchen. Etwas später waren es wiederum die Uhrmacher, welche auf dem Plane erschienen, um zum Zwecke der schärferen Bestimmung der geographischen Länge zur See ihren Erzeugnissen die Vollkommenheit zu geben, die es möglich machte, eine genaue Einhaltung der Zeit des Ausgangsmeridianes zu gewährleisten. Der Anteil der Uhrmacher an der Entwicklung der Feinmechanik hatte schon mit der Erfindung der Räderuhren, die an die Stelle der Wasser-, Sand- oder der Sonnenuhren traten, Erhebliches geleistet. Das mag etwa um die Mitte des 14. Jahrhunderts anzusetzen sein, wenn auch aus einer Stelle in Dantes „Göttlicher Komödie“ hervorgeht, daß solche Uhren schon zu Ende des 13. Jahrhunderts bekannt gewesen zu sein scheinen. Im zweiten Drittel des 14. Jahrhunderts ließ Karl V. von Frankreich einen Deutschen, Heinrich v. Wyck, nach Paris kommen, um dort eine Uhr mit Schlagwerk einzurichten. Ein ähnliches Werk wurde 1348 in Dover Castle aufgestellt. Diese Uhr war 524 Jahre lang bis 1872 im Gang, sie ist von Gerland genau beschrieben worden und in Abb. 1 dargestellt¹⁾. Mehrere solche Uhren wurden später als Turmuhren ausgeführt. Zur Zeitmessung bei astronomischen Beobachtungen verwendeten zuerst der Landgraf Wilhelm von Hessen und Tycho

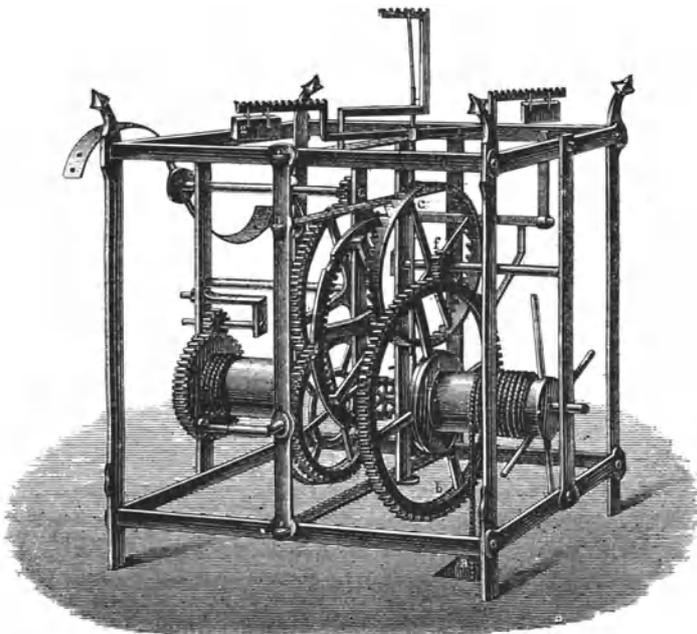


Abb. 1. Alte Uhr von 1348.

1) Bericht über die wissenschaftlichen Apparate auf der Londoner Internationalen Ausstellung im Jahre 1876. Herausg. von A. W. Hofmann. 1878.

de Brahe genauer gearbeitete Uhren, die sogar Sekunden angegeben haben sollen. Im wesentlichen waren das aber noch Werke, die den Ablauf eines Gewichtes durch einen Windfang oder in ähnlicher Weise regulierten, aber noch keine eigentlich Zeit messende Einrichtung besaßen; erst Robert Hooke soll 1670 oder 71 zu diesem Zwecke durch den Uhrmacher Th. Tampion die Spiralfeder haben einführen lassen, nachdem allerdings schon 12 oder 15 Jahre vorher Galilei und wahrscheinlich auch Huygens, unabhängig von ihm, das Pendel als Regulator benutzt hatten. Eine Skizze zu Galileis Pendeluhr ist uns noch in einer Beschreibung von Swindens erhalten (Abb. 2), und es wird bezeugt, daß eine nach dieser Skizze hergestellte Uhr auch wirklich gegangen sei. Die Hemmung bestand aus einem Zahnrad,

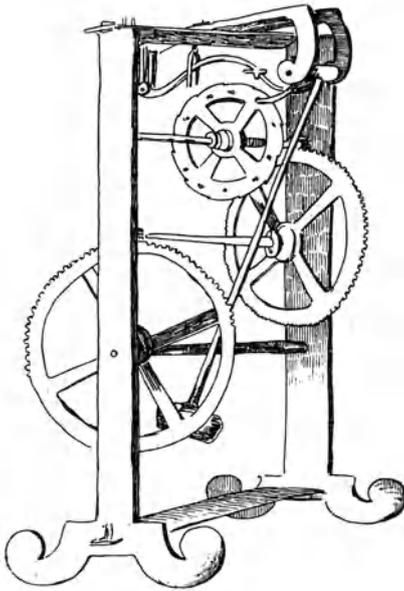


Abb. 2. Galileis Pendeluhr.

welches senkrecht zu seiner Ebene eine den Zähnen entsprechende Anzahl von Stiften besaß. Das Pendel hatte zwei Ansätze, die abwechselnd einen Hebel hoben, der ein Zahnrad freigab, während durch einen zweiten Hebel mit Stiften das fortrückende Zahnrad dem Pendel den nötigen neuen Impuls erteilte. Auf einer der Zahnradachsen war wahrscheinlich die Schnur des treibenden Gewichtes aufgewickelt. Für einen genauen Gang der Uhr war es natürlich erforderlich, daß die Zähne der Räder und besonders die des Hemmungsrades (heute Steigrad genannt) in gleichen Intervallen geschnitten waren.

Diese Bedingung hatte zur Folge, daß man Einrichtungen herstellen mußte, durch welche der Kreis bequem in gleiche Unterabteilungen geteilt werden konnte. Infolgedessen waren es wieder die Uhrmacher, welche hier erfinderisch voringen. Der Uhrmacher Hindley baute, wie Smeaton in den Phil. Transactions von 1786 berichtet, die erste derartige Einrichtung, eine Teilmaschine. Der Bau solcher Teilmaschinen,

insbesondere die Ausführung der Originalteilungen veranlaßte ihrerseits wieder die bedeutendsten Fortschritte auf dem Gebiete der feinmechanischen Kunst. Es machte anfangs große Schwierigkeiten, richtige Teilungen herzustellen, und viele bedeutende Mechaniker haben sich im Laufe der Zeit mit diesem Problem beschäftigt. Wenn auch hier zunächst auf die weitere Ausbildung der Uhrhemmungen nicht des Näheren eingegangen werden kann, so mag doch erwähnt werden, daß diese wesentlich gefördert wurden durch Graham, der die nach ihm benannte Ankerhemmung zu Anfang des 18. Jahrhunderts angegeben hat. Er hat auch zuerst die Kompensation der Pendellänge durch die Anwendung zweier verschiedener Metalle eingeführt, wodurch der Gang der Uhren bei verschiedenen Temperaturen gleichbleibend gemacht werden soll.

Außer den Entdeckungen Galileis und Huygens' auf physikalischem Gebiet, durch welche der Bau wissenschaftlicher Apparate eine große Förderung erfuhr, waren es die Entdeckungsreisen zu Land und zur See, die hohe Anforderungen an die Meßkunst stellten und so den Bau immer genauerer Instrumente zum Messen von Längen und Winkeln nötig machten. Nachdem dann auch

1609 das Fernrohr von dem holländischen Brillenmacher Lippersey erfunden worden war und dieses mit den Meßapparaten verbunden wurde, war wiederum ein wechselseitiger Anreiz zur Herstellung immer genauerer Meßinstrumente in hohem Maße gegeben.

Es ist schwer, den Anteil der einzelnen Richtungen auf dem Gebiete der Optik und der Längen- und Winkelmeßinstrumente voneinander zu trennen, da die Bestrebungen der Künstler fortwährend ineinander übergreifen und Fortschritte auf der einen Seite solche auf der anderen bedingen und anregen. Durch Einführung des Fernrohres und des schon früher bekannten Mikroskops in die Beobachtungs- und Meßtechnik machte sich das Bedürfnis geltend, schärfer definierte Normen festzusetzen und zu beschaffen. Das führte zu den Arbeiten, die uns das Metermaß und die darauf gegründeten Maß- und Gewichtssysteme schufen, ein Kapitel aus der Forschungsgeschichte, welches für sich eine ausführliche Darstellung von erheblichem Umfang fordern würde. Es gehören dahin alle Bestrebungen, die uns eine genauere Kenntnis der Größe und Gestalt der Erde verschafften; denn auf diese ist ja die Länge des Metermaßes gegründet.

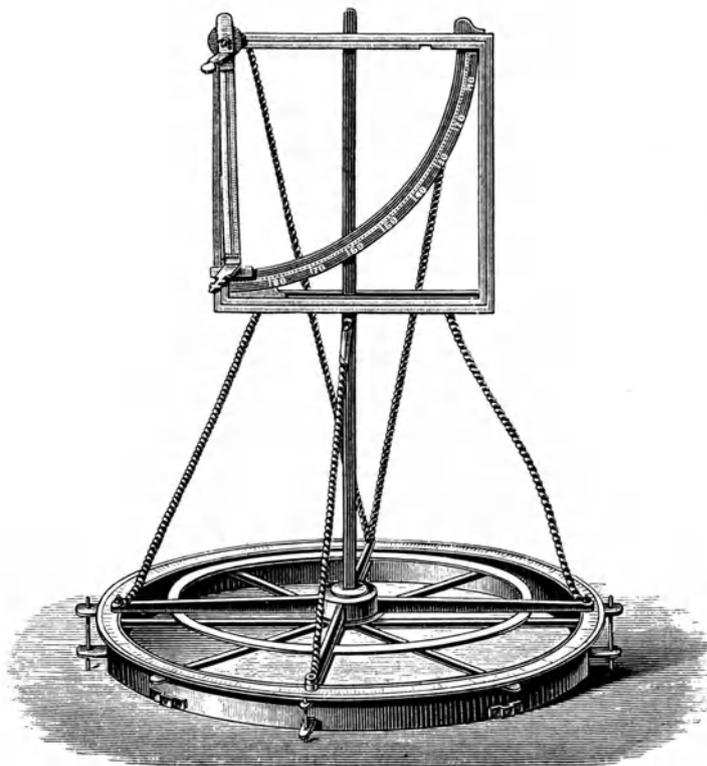


Abb. 3. Quadrant von Tycho de Brahe.

Kehren wir aber jetzt zur Entwicklung der Feinmechanik zurück, so waren es, wie schon erwähnt, die Bestrebungen der Künstler, genaue Kreisteilungen herzustellen, die die wesentlichsten Fortschritte bedingten. Noch bevor man auf der Erdoberfläche die hierzu nötigen Messungen anstellte, ist die Erforschung der Himmelsräume Gegenstand der exakten Wissenschaft, und demgemäß sind es auch die astronomischen Meßinstrumente, an welchen die Fortschritte der Feinmechanik in jener Zeit am besten verfolgt und geschildert werden können.

Am Ende des 16. Jahrhunderts beobachteten der Landgraf Wilhelm von Hessen in Kassel und Tycho de Brahe auf der Insel Hveen im Sunde mit den von ihnen angegebenen und zum Teil selbst hergestellten Instrumenten. Es waren

fest aufgestellte Quadranten oder nach allen Richtungen durch Schnurzüge bewegliche Sextanten von z. T. mächtigen Dimensionen. Die Teilungen waren auf den Kreisbögen direkt hergestellt, also Originalteilungen, die man durch langwieriges Probieren mit dem Zirkel herstellte, indem von dem Bogen von 60° , dessen Sehne gleich dem Radius ist, oder von dem rechten Winkel ausgegangen wurde. Diese Teilungen waren trotz der darauf verwandten Mühe noch recht ungenau, so daß man es als großen Erfolg bezeichnete, wenn Tycho seinen



Abb. 4. Sternwarte „Uranienburg“ von Tycho de Brahe auf der Insel Hveen im Sunde.

Winkelmessungen eine Genauigkeit von $\frac{1}{2}$ —1 Minute zuschreiben durfte. Die in ihrer technischen Ausführung dem Geschmack jener Zeiten entsprechenden Instrumente waren meist sehr reich verziert, wie dies Abb. 3, welche einen Tycho nischen Quadranten darstellt, erkennen läßt. In noch weit höherem Maße war das der Fall bei den Apparaten des etwa ein Jahrhundert später beobachtenden Danziger Astronomen und Ratsherrn Hevelius, der ebenfalls durch die Genauigkeit seiner Messungen berühmt geworden ist. In dem großen Werke „Machina coelestis“ (1673 und 1679) beschreibt er seine Sternwarte; Abb. 5 gibt eine Anschauung einiger von ihm benutzter Instrumente. Bei seinen Winkelmessungen verschmähte er noch die Anwendung des schon vor drei Jahrzehnten von Gasgoigne mit den Meßinstrumenten in Verbindung gebrachten Fernrohres und benutzte nur Dioptrern, aber mit solchem Erfolge, daß der englische Astronom Halley, der längst die optischen Vorzüge des Fernrohres zu schätzen wußte, bei einem Besuche in Danzig, den er zur Vergleichung

der Genauigkeit der Resultate unternahm, zugeben mußte, daß Hevelius mit seinen Dioptrern dasselbe zu leisten vermochte wie er mit Hilfe des vergrößerten Fernrohres. Daran mag einmal die Geschicklichkeit des Danziger Astronomen ihr Teil haben, das Resultat spricht aber gewiß auch für die Güte der Ausführung seiner Instrumente.

Wenn man bei der Herstellung der Kreisteilungen, die, wie oben erwähnt, mit Hilfe von Zirkeln und im allgemeinen mit Benutzung der Bögen von 60° und 90° ausgeführt wurden, die man wiederum bisezierte und dann drittelte und in 5 Teile teilte, wohl brauchbare Teilungen erhielt, so wurden doch, namentlich von den englischen Mechanikern, auch andere sinnreiche Methoden zu diesem Zwecke verwendet. Graham und nach ihm Bird und Brander (in Augsburg) haben z. B. die Sehne des Bogens von $85^\circ 20'$ berechnet und ebenso diejenigen von $42^\circ 40'$, von $10^\circ 20'$ und von $4^\circ 40'$. Durch Aneinandersetzen dieser Sehnen

und derjenigen von 60° , 30° und 15° konnten sie wiederum den Bogen von $85^\circ 20'$ herstellen und so diese Bögen alle untereinander vergleichen und prüfen, so daß sie den Endpunkt des Bogens von $85^\circ 20'$ sehr genau erhielten. Nun ist aber $85^\circ 20' = 5120' = 2^{10} \times 5'$, und diese Beziehung gestattete nun durch 10 malige Halbierung bis auf 5 Minuten herab zu kommen. Trug man daher den Bogen von $4^\circ 40'$ an $85^\circ 20'$ an, so erhielt man wieder den Quadranten von 90° , und wenn aus der 5-Minuten-Teilung der Bogen von 8×5 Minuten = 40 Min. über 90° hinaus angetragen wurde, so bekommt man $90^\circ 40' - 85^\circ 20' = 5^\circ 20' = 320' = 2^6 \times 5'$, so daß auch dieses letzte Stück wieder durch 6 malige Halbierung in 5-Minuten-Intervalle geteilt werden konnte. Die fortwährende Vergleichung der so mit den verschiedensten Sehnen und Bögen erhaltenen Teilungspunkte verbürgte dann eine große Genauigkeit. Wenn man nun außerdem auf einer zweiten mit etwas größerem oder kleinerem Radius gezogenen Kreislinie eine Dreiteilung des Quadranten ausführte und auf ihr eine Drittelung des Bogens vornahm, so erhält man Bögen von 30° , die wieder bei 5 maliger Halbierung dem „5-Minuten-Intervall“ einer 96-Teilung entsprechen, und von dieser mußte dann jeder 5. Teilstrich mit jedem 4. der 90er Teilung auf gleichem Radius liegen. So erhielten diese Künstler auf ihren großen Quadranten zwei Teilungen, die in kleinen Intervallen miteinander übereinstimmende Winkel geben mußten.

Graham und Bird haben auf diese Weise eine ganze Anzahl von Teilungen hergestellt, von denen behauptet wird, daß sie in ihren 5-Minuten-Angaben nicht mehr als eine Bogensekunde von der Wahrheit abwichen. Einen solchen Quadranten, wie sie noch heute z. B. in Greenwich und Göttingen aufbewahrt werden, stellt Abb. 6 dar. Bird hat von der Doppelteilung auch noch insofern Nutzen gezogen, als er zu den Ablesungen der Bruchteile von Minuten auch einen Doppelnonius für beide Teilungen ausführte, ein Vorgehen, das den Beobachter gegen grobe Ablesefehler schützte.

Ein anderes Verfahren der Kreisteilung war das folgeweise Abtragen einer kleinen Bogenlänge auf der Peripherie, wodurch man allerdings eine gleichmäßige Teilung erhielt, deren wirklicher Winkelwert aber erst nachträglich abgeleitet werden mußte. Diesem Verfahren entsprach auch die zuerst von Hooke vorgeschlagene Benutzung einer Schraube, welche in entsprechende Einkerbungen am Rande des

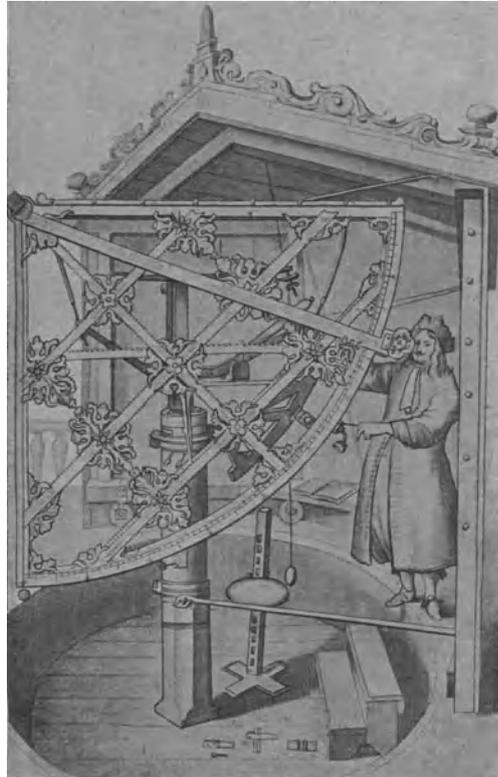


Abb. 5. Quadrant des Danziger Astronomen Hevelius (um 1670).

Kreises eingriff. Dadurch erhielt man allerdings ziemlich gleichmäßige Drehungswinkel für jede Umdrehung der Schraube, aber auch deren Wert mußte erst wieder in Winkelmaß umgerechnet werden. In vorzüglicher Ausbildung wendete später Ramsden diese Schraube ohne Ende bei seiner etwa 1774 fertiggestellten Teilmaschine an. Er war auch nach Hindley der erste, der davon ausging, eine Maschine zu konstruieren, die es ihm ermöglichen sollte, mit Hilfe der auf dem großen Kreis von 45 engl. Zoll Radius hergestellten Originalteilung weitere zentrisch aufgelegte Kreise oder Kreisbögen durch einfache Übertragung, Kopierung, auf ihr teilen zu können. Zur Herstellung der Originalteilung wandte er die Hooke'sche Schraube ohne Ende und die Einkerbung am Rande des Kreises an, nur mit der wesentlichen

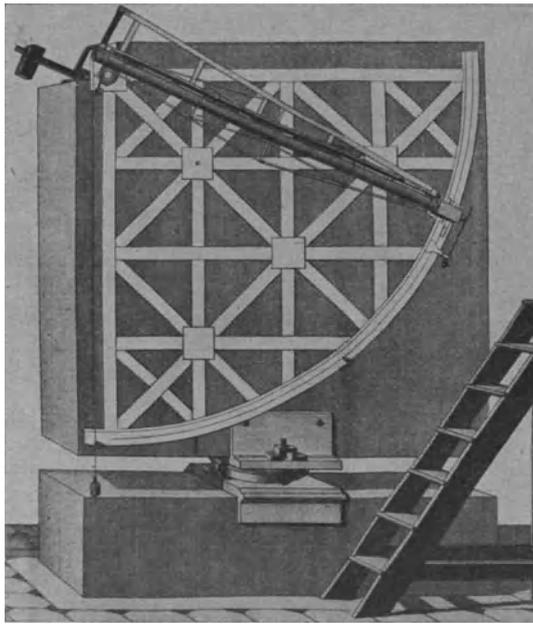


Abb. 6. Quadrant nach Graham und Bird.

Verbesserung, daß sie den Kreis um eine bestimmte Anzahl von Minuten bei einer Umdrehung bewegte. Er erzielte dieses Resultat dadurch, daß er den Kreis auf einen nach der Ganghöhe der Schraube bestimmten Radius abdrehte. Damit war ein bedeutender Fortschritt erlangt, und die Ramsdensche Maschine ist das Vorbild fast aller späteren Teilmaschinen geworden (Abb. 7). Sie wurde von der englischen Regierung angekauft, und die vielen Sextanten und Oktanten, welche die englische Marine seit jener Zeit brauchte, sind auf ihr ein Jahrhundert lang gegen geringes Entgelt geteilt worden.

Die Benutzung der Schraube ohne Ende als Bewegungsmechanismus ist bis heute an den Teilmaschinen in Gebrauch. Die große

Genauigkeit, welche die heutigen Kreisteilungen besitzen, verdanken sie allerdings einem anderen Teilungsverfahren, das zuerst von dem Duc des Chaulnes¹⁾ angegeben wurde und das später G. Reichenbach zu hoher Vollkommenheit ausbildete. Dieses sog. Verfahren der Luftteilung besteht darin, daß die Marken für die Versuchsteilungen gar nicht wirklich gezogen werden, sondern daß mit einem fingierten Zirkel, der aus zwei um das Zentrum des Kreises drehbaren Schienen besteht, bei des Chaulnes zunächst zwei diametrale Punkte gesucht werden, indem man an den Endpunkten der Schienen zwei Mikroskope anbringt, deren Absehenslinien sehr nahe um 180° voneinander abstehen²⁾. An den Kreis werden zwei Hilfsblättchen angeklemt und auf diesen unter den Mikroskopen je eine Marke eingegritzt. Dreht man dann den Kreis unter

¹⁾ Nouvelle méthode pour diviser les instr. mathem. et astronomic. Paris 1768. Eine deutsche Übersetzung ist von Joh. S. Halle besorgt worden und in Berlin 1788 erschienen.

²⁾ Reichenbach wählte als Ausgangswinkel einen solchen von 18° und trug diesen 20 mal nacheinander auf dem Kreis ab, bis er mit dem zweiten Schenkel dieses Winkels wieder

den Schienen so, daß das Mikroskop *A*, dem vorher die Marke *a* und das Mikroskop *B*, welchem die Marke *b* entsprach, jetzt so zu stehen kommt, daß dem Mikroskop *A* die Marke *b* entspricht und im Mikroskop *B* die Marke *a* erscheint, so wird der Winkelunterschied der Marken *a* und *b* genau gleich 180° sein, wenn die Marke *b* genau mit der Absehenslinie des Mikroskopes *A* zusammenfällt. Das wird im allgemeinen nicht der Fall sein. Man wird dann das Mikroskop *A* um die Hälfte der Abweichung verschieben und den Versuch so lange wiederholen, bis in beiden Stellungen des Kreises ein genaues Zusammenfallen der Absehenslinien mit den Marken stattfindet. Ist das der Fall, dann werden die betreffenden Stellen durch ein geeignetes Reiserwerk auf dem Limbus des Kreises durch Striche markiert. Auf gleiche Weise verfährt man bei der Aufsuchung der zwischenliegenden, einem Winkel von 90° entsprechenden Stellen, indem man die erwähnten Schienen mit den Mikroskopen in einen sehr nahe 90° umfassenden Winkel zueinander stellt. Dieses Verfahren setzt man fort, bis man die Marken für die 5° oder 10° umfassenden Bögen gewonnen hat. Diese kleinen Bögen werden dann entweder mit Benutzung von Hilfsbögen oder durch Verwendung der Hoo keschen Schraube in die gewünschten Unterabteilungen von je drei oder fünf Minuten eingeteilt.

An Stelle der Mikroskope hat später Reichenbach eine Einrichtung verwendet, die mit Hilfe von sinnreich konstruierten Fühlhebeln die scharfe Begrenzung der Bögen bewirkte.

Ohne auf weitere Einzelheiten, die der hier zur Verfügung stehende Raum verbietet, einzugehen, muß die wesentliche Förderung der Teilungsmethoden erwähnt werden, die die Einführung der automatischen Teilverfahren mit sich brachte, weil dadurch auch diejenigen Einflüsse bei der Herstellung genauer Teilungen ausgeschaltet wurden, die die Anwesenheit des die Teilung Ausführenden in nächster Nähe der Teilmaschine mit sich brachte. Außerdem wurde dadurch eine ganz wesentliche Beschleunigung des Teilungsvorganges erzielt.

Eine der ersten ganz automatisch wirkenden Teilmaschinen hat der Berliner Mechaniker Oertling gebaut. Er hat bei der Herstellung der Mutterteilung die Erfahrungen seiner Vorgänger soweit irgend möglich benutzt und schließlich eine Maschine zustande gebracht, die in ihren Einrichtungen, ebenso wie ihrer Zeit die Ramsdenschene, zum Vorbild für die später in Deutschland und Amerika gebauten Teilmaschinen wurde. Abb. 8 und 9 lassen die Anordnung der Maschine erkennen

sehr nahe an dem Ausgangspunkt ankam, dann korrigierte er den Winkel um den zwanzigsten Teil des Fehlers und wiederholte das Verfahren so lange, bis genaue Übereinstimmung zwischen Anfangs- und Endpunkt stattfand.

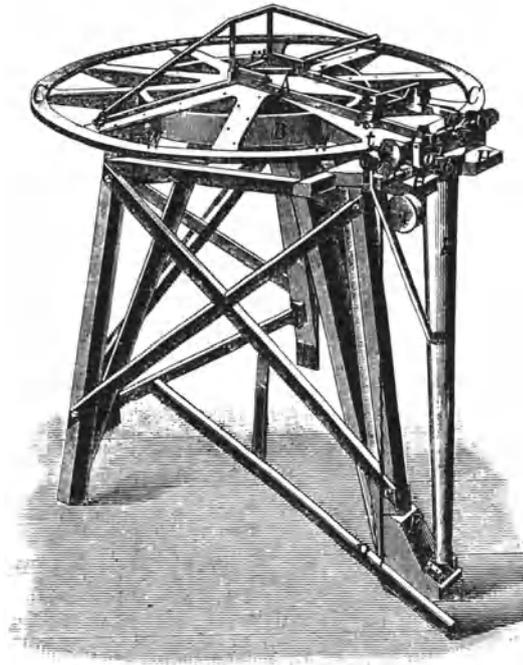


Abb. 7. Kreisteilmaschine von Ramsden.

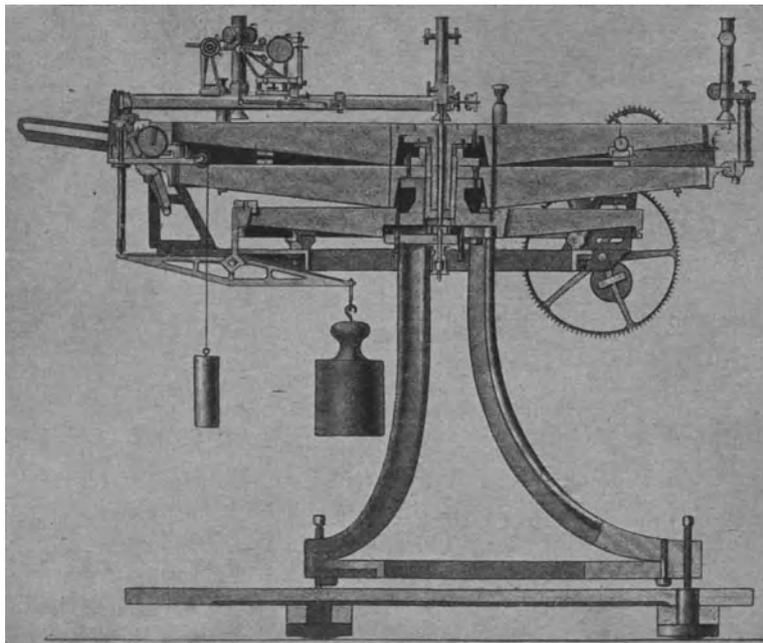
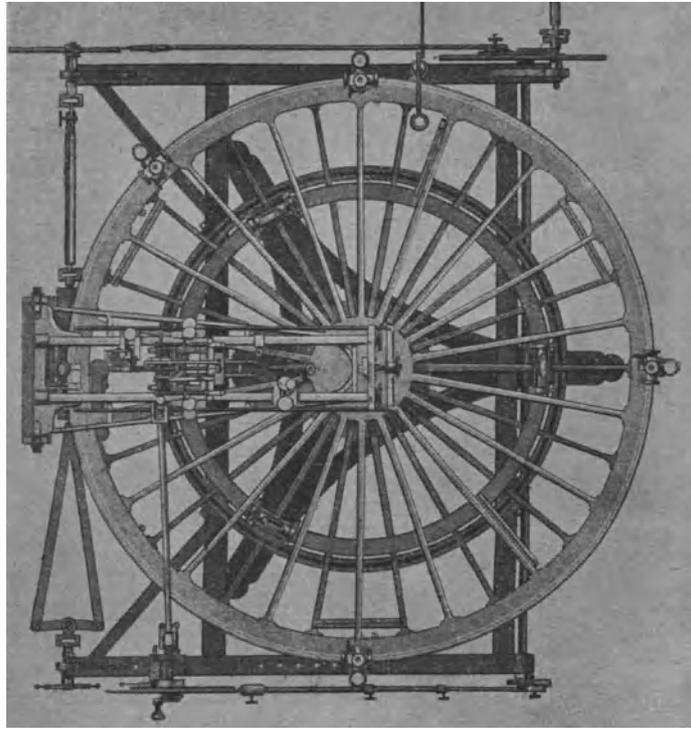


Abb. 8 und 9. Kreisteilmachine von Oertling in Aufsicht und im Querschnitt.
Nach: Verhandl. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbfließes. 1850.

und geben zugleich eine Anschauung davon, welcher komplizierten Mechanismus sie besitzt. Wenn auch die Ausführung der Mutterteilungen noch mannigfache Wandlungen erfahren hat, so ist schließlich doch diejenige Methode allgemein benutzt worden, die Reichenbach mit seiner Luftteilung angegeben hat. Das automatische Verfahren zur Kreisteilung wird im allgemeinen aber immer nur Anwendung finden, wenn es sich nicht um die Erlangung der höchstmöglichen Genauigkeit handelt, also nur für kleinere Kreise, die für in größerer Anzahl hergestellte astronomische und geodätische Instrumente verwendet werden.

Handelt es sich um Teilungen für große astronomische Meridian- oder Vertikalkreise, so tritt das direkte Kopierverfahren wieder in sein Recht, zumal auch dann die Kostenfrage keine ausschlaggebende Rolle zu spielen pflegt.

Soll die höchste Vollkommenheit in der Winkelmessung erreicht werden, so müssen die Teilungen doch vom Beobachter selbst auf ihre Fehler untersucht werden, was im Prinzip eine einfache, in der technischen Ausführung aber eine äußerst umfängliche und größte Sorgfalt erfordernde Arbeit ist.

Eine der bekanntesten und bestuntersuchten Teilmaschinen zur direkten Kopierung ist die bisher in der Repsold'schen Werkstätte in Hamburg benutzte, die von Joh. Georg Repsold begonnen und später von seinem Sohne Adolph vollendet wurde. Automatische Teilmaschinen sind im Laufe der letzten 70 Jahre eine ganze Anzahl gebaut worden, im wesentlichen nach dem Oertlingschen Prinzip. Es mögen hier nur genannt werden (z. T. nicht nur für den Gebrauch in der eigenen Werkstätte, sondern auch zum Verkauf): die Maschinen von Th. Wegener in Berlin, von Ott in Kempten, Buff & Berger in den Vereinigten Staaten, der Société Genevoise in Genf, Ross in England, Secretan in Paris u. a. Einen neuen Gedanken brachte Gustav Heyde in Dresden bei der Einrichtung des Bewegungsmechanismus, der Schraube ohne Ende, in Verwendung, indem er diese als Hohlschraube ausführte, damit ihre Gänge sich besser den Einkerbungen des Mutterkreises anpaßten. Dadurch glaubte er einen sicheren Eingriff der Windungen der Bewegungsschraube und damit eine gleichmäßigere Fortbewegung des Mutterkreises zu gewinnen, denn es werden dann gleichzeitig eine größere Anzahl von Schraubengängen und Einkerbungen benutzt, als das bei der zylindrischen, rein tangential wirkenden Schraube der Fall ist.

Die Genauigkeit, die man bei den heutigen besten Kreisteilungen zu erreichen vermag, läßt sich etwa auf eine Drittel bis eine halbe Bogensekunde bemessen, eine Abweichung vom idealen Ort der Striche, welche auch unter Berücksichtigung anderer Fehlerquellen bei den schärfsten astronomischen Beobachtungen nicht unterschritten werden kann. Damit ist es dem Mechaniker also gelungen, dem Beobachter Kreisteilungen zu liefern, die seinen Ansprüchen bei der Erzielung größter Genauigkeit genügen, zumal man weiß, daß auch die bestgeteilten Kreise bei der Benutzung an den Instrumenten, einmal durch den Übergang von der horizontalen Lage, in der sie geteilt zu werden pflegen, in die vertikale, wie sie bei den Meridiankreisen und den großen astronomischen Vertikalkreisen benutzt werden, Formveränderungen erleiden, und daß ebenso durch die Temperatureinflüsse Ungleichheiten in die Teilungen gebracht werden können, die den angegebenen Betrag der Fehlergrenzen doch überschreiten.

Die Entwicklung des Baues der Kreisteilmaschinen stellt an sich allerdings nur einen beschränkten Abschnitt der Fortschritte dar, die die Feinmechanik im Laufe der Zeiten erfahren hat und doch gleicht sie gewissermaßen einem Gerippe,

um welches die anderen Glieder dieser Entwicklung sich gruppieren. Die Einführung der maschinellen Kreisteilung hatte sich, wie wir sahen, notwendig gemacht, um den Bedarf an winkelmessenden Instrumenten zu decken, wie sie die Schifffahrt nach der Einführung der Reflexionsinstrumente durch Hadley im Jahre 1731 in großer Zahl bedurfte.

Mit der größeren Genauigkeit, welche dadurch der Bestimmung des Schiffsortes gegeben werden konnte, machte sich wiederum der Mangel geltend, der in der nicht genügend genauen Bestimmung der Orte der Gestirne am Himmel und im besonderen dem des Mondes innewohnte; denn aus den Beobachtungen dieses Gestirnes war es in jener Zeit allein möglich, die geographische Länge des Ortes eines Schiffes auf See zu bestimmen. Daher wurde es notwendig, dem Verlauf der Bewegung des Mondes die größte Aufmerksamkeit zuzuwenden, was nur durch die Verschärfung seiner Beobachtungen, die mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft sind, geschehen konnte. Auf Grund solcher Beobachtungen wurde man in den Stand gesetzt, die Orte des Mondes auf Jahre voraus zu tabellieren. Es ist das Verdienst der englischen Regierung, zu solchen Arbeiten durch die Aussetzung hoher Prämien mächtig angeregt zu haben. Dadurch sind zwei Gebiete der Feinmechanik zu bedeutender Blüte gelangt. Das ist einmal die Verbesserung und Verfeinerung der astronomischen und geodätischen Instrumente, die nötig wurde, um eben die genauere Bestimmung der Gestirnsorte zu ermöglichen, und andererseits der Aufschwung, welchen der Bau guter Uhren und besonders solcher zum Gebrauch auf See in neue Bahnen gelenkt hat. In ersterer Beziehung war es Tobias Mayer in Göttingen, welcher durch die Berechnung seiner Mondtafeln, für die er einen Teil des ausgesetzten Preises erhielt, den gestellten Bedingungen zu genügen versuchte, und in der anderen Richtung gelang es dem englischen Uhrmacher Harrison, eine Schiffsuhr herzustellen, mit der es möglich war, für einen erheblichen Zeitraum die an dem Ausgangsmeridian herrschende Zeit anzugeben.

Mit Rücksicht auf die genaue Bestimmung der Mondorte war schon im Jahre 1675 die Sternwarte zu Greenwich gegründet worden, und es bildet bis auf den heutigen Tag die Beobachtung des Mondes den aller anderen Tätigkeit voranstehenden Punkt ihres Arbeitsprogrammes, obgleich es mit der Einführung der telegraphischen Zeitübertragung und besonders der radiotelegraphischen Signale möglich geworden ist, fast nach allen Orten der Erde Zeitangaben in beliebiger Weise zu übertragen. Bis zur Mitte des 17. Jahrhunderts wurden sowohl die astronomischen als auch die geodätischen Messungen von Männern ausgeführt, die auf ihre eigenen Mittel angewiesen waren oder für die Einrichtung ihrer Observatorien Zuwendungen von Fürsten oder anderen Gönnern der Wissenschaft erhielten, wie das bei Tycho de Brahe, bei Kepler, bei Römer, bei Regiomontan und anderen der Fall war. Naturgemäß konnte das immer nur ein kleiner Kreis von Männern sein, und damit nur ein geringer Bedarf von Instrumenten nötig werden. Das änderte sich, als um die Mitte des 17. Jahrhunderts aus staatlichen Mitteln eine Anzahl fester Observatorien begründet wurden. (Kopenhagen 1642, Paris 1667, Greenwich 1675, Berlin 1706, Petersburg 1725, Göttingen 1734 u. a. m.) Der Wettstreit bei der Ausrüstung dieser Observatorien gewährte der mechanischen Kunst große Förderung und gestaltete die Herstellung von Meßinstrumenten auch wirtschaftlich.

Mit dem Fortschreiten der Entdeckungen auf der Erdoberfläche machte sich auch das Bedürfnis geltend, genauere Werte für die Größe der Erde selbst zu erhalten, als sie uns Altertum und Mittelalter übermittelt hatten. Auch die Versuche

in Frankreich, die Länge eines Meridiangrades direkt zu messen, konnten keinen Anspruch auf größere Genauigkeit machen. Da war es der Holländer Willebrord Snellius um die Mitte des 17. Jahrhunderts, der ein neues Prinzip in die Messungen einführte. Er bestimmte die Länge eines Stückes des Erdquadranten mittels einer wirklichen Triangulation, d. h. durch die Aneinanderreihung einer größeren Anzahl von Dreiecken, deren Winkel er maß und deren Seiten er auf Grund einer kürzeren, wirklich gemessenen Strecke berechnete. Diese Dreiecke verbanden zwei in nahezu nord-südlicher Richtung gelegene Punkte, nämlich Alkmar und Bergen op Zoom in Holland. Zu den Messungen der Winkel verwendete er einen Quadranten, und die Grundlinie, aus der er schließlich die Entfernung der beiden Endpunkte seines Dreiecksnetzes berechnete, maß er mit eisernen Stäben von 12 Fuß Länge. Aus seinen Winkelmessungen erhielt er die Winkel immer gelegen in der Ebene des Dreiecks selbst; zur Festsetzung der horizontalen Entfernung gebrauchte er aber schließlich deren Projektionen auf den Horizont eines der Endpunkte. Die Überführung der gemessenen Winkel auf ihre Horizontalprojektion erfordert eine umständliche Rechnung und eine Messung aller Höhenwinkel, und es muß daher als ein besonderer Fortschritt der Winkelmessung bezeichnet werden, daß man mit Einführung der Theodolite in die geodätische Meßkunst diese Horizontalprojektion der gemessenen Winkel direkt erhält. Es wurde das dadurch erreicht, daß man das Fernrohr, mit welchem die Dreieckspunkte anvisiert werden, um ein vertikales und ein horizontales Achensystem, also direkt auf den Horizont bezogene Richtungen, sich drehen läßt. Obgleich schon den Arabern Instrumente bekannt waren, bei denen die Bewegungen der Abseheinrichtungen um vertikale und horizontale Achsen vor sich gingen, und auch Tycho, Hevel und deren Zeitgenossen ihre Quadranten in gleicher Weise aufgestellt hatten, so hat man doch tragbare, für geodätische Messungen zu gebrauchende Instrumente dieser Art erst um die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts zu bauen begonnen. Es waren Short und Adams in England, sowie später Ramsden und Troughton, welche etwa zwischen 1780 und 1800 eine Anzahl gut transportabler Azimut- und Höheninstrumente konstruierten. Sie wurden zu den englischen Vermessungen verwendet, hatten aber den großen Nachteil, daß sie bei der Genauigkeit, die man bei den Winkelmessungen anstrebte, noch sehr schwer und dem damaligen Gebrauch entsprechend aus vielen Einzelteilen zusammengesetzt waren, die zu mancherlei Fehlerquellen werden konnten, wenn weniger geübte Beobachter damit arbeiteten. Instrumente solch englischen Ursprungs wurden auch in anderen Ländern, besonders in Italien, vielfach verwendet; sie hatten meist Horizontal- und Vertikalkreise nahezu gleicher Ausbildung, so daß man sie heute als Universalinstrumente bezeichnen würde. Die Mechaniker hatten vielfach dabei noch die Absicht, solche Instrumente zu den verschiedensten Zwecken zugleich brauchbar zu machen, und so entstanden zum Teil die merkwürdigsten Apparate, die sich ihrerseits wieder an die Einrichtung der alten Torquetren anlehnten. Es dauerte lange, bis man sich von der Unzweckmäßigkeit solcher Aufbauten, die die Instrumente zu „Universalinstrumenten“ in des Wortes schlimmster Bedeutung machten, überzeugte; selbst unsere deutschen Mechaniker konnten sich zu Anfang des vorigen Jahrhunderts nicht ganz frei von derartigen Konstruktionen machen. Abb. 10 zeigt ein derartiges Instrument französischen Ursprungs aus dem Ende des 18. Jahrhunderts, welches nicht nur horizontal, sondern auch äquatorial gebraucht werden konnte. Auch Reichenbach, der hier reformierend in den Instrumentenbau eingriff, hat viel-

fach noch solche Instrumente gebaut. Erst später hat er sich entschlossen, von den zu geodätischen Zwecken bestimmten Instrumenten alle für die horizontale Winkelmessung überflüssigen Teile wegzulassen und so den Typus unserer heutigen Theodolite zu schaffen, die später ganz besonders von Repsold in zweckmäßigster Weise und dabei doch in gefälligen Formen ausgestaltet wurden. Man war dadurch wieder der Auffassung gerecht geworden, die Messungen in den beiden Koordinaten beson-

ders auszuführen, wie man das bei den großen Instrumenten der Sternwarten schon seit einiger Zeit getan hatte.

Die Verschärfung, welche die Einstellung auf ein Objekt durch die Anwendung des Fernrohres erfahren hatte, machte es auch wünschenswert, die durch die Einführung der Teilmaschinen wesentlich genauer und gleichmäßiger ausgeführten Kreisteilungen besser auszunutzen. Dieses Bestreben gab zunächst Veranlassung dazu, die sog. Repetitionseinrichtungen auszuführen, die darin bestanden, daß man außer der Bewegung des Oberbaues der Instrumente um eine Vertikalachse auch den Kreisen selbst noch eine solche Bewegungsmöglichkeit gab, die allerdings ein zweites, dem ersten konaxiales Achsensystem nötig machte. Es ist hier wieder Reichenbach gewesen, welcher seine Instrumente mit solchen Repetitionseinrichtungen versah. Das bei derartigen Messungen angewandte Verfahren beruht darauf, daß man zunächst das Fernrohr auf einen der beiden Punkte einstellte, deren Winkelabstand gemessen werden sollte, sodann auch

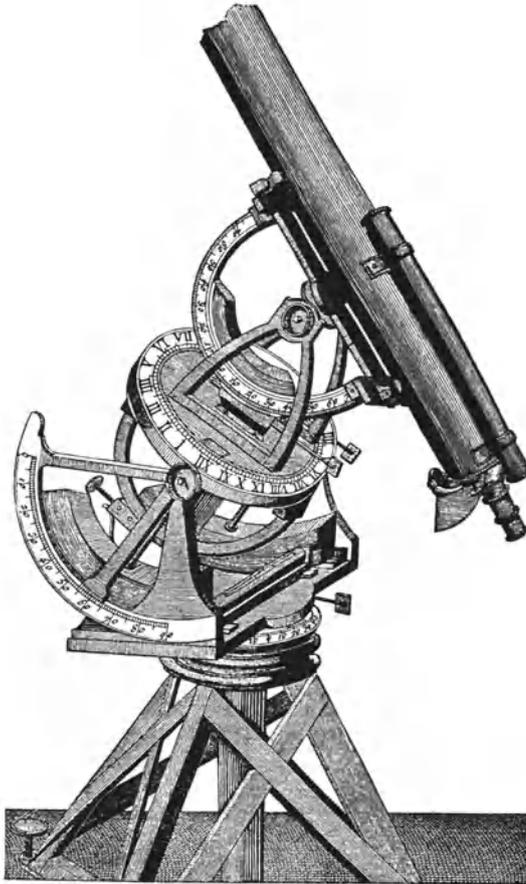


Abb. 10. Universalinstrument. 1770.
Nach Lalande, *Astronomie*.

den zweiten Punkt bei feststehendem Kreis anvisierte und nunmehr nicht den gemessenen Winkel ablas, sondern Fernrohr und Kreis zugleich nach dem ersten Punkt zurückdrehte, diesen sicher einstellte, sodann den Kreis mit dem feststehenden Teil des Instrumentes klemmte, das Fernrohr für sich auf den zweiten Punkt weiterbewegte und dieses Verfahren zehn- und mehrmals wiederholte. So trug man ein und denselben Winkel mehrmals auf den Kreisumfang ab und erhielt damit aus der Differenz der letzten und ersten Ablesung, dividiert durch die Anzahl der „Repetitionen“, den Betrag des gemessenen Winkels. Diese Methode hatte den Vorteil, daß die Fehler, welche den Kreisablesungen noch innewohnten, ebenfalls durch die Anzahl der Repetitionen

geteilt in das Resultat eingingen. Es war dabei allerdings Bedingung, daß das Instrument während der ganzen Messungsdauer absolut unverändert seine Stellung beibehielt. Um sich dessen zu versichern, brachte man an dem Unterbau des Theodoliten ein zweites Fernrohr, das sog. Versicherungsfernrohr, an, das am Schluß der Messung noch genau auf denselben Punkt zeigen mußte, auf welchen es vor Beginn der Messung eingestellt worden war. Auch für Vertikalmessungen hatte man ähnliche Einrichtungen getroffen. Bedingung für ein zuverlässiges Resultat war dann allerdings eine große Stabilität des Instrumentes und eine äußerst sorgfältige Ausführung der Achsensysteme.

In einer Beschreibung, welche Herr von Zach, ein guter Kenner der damaligen Instrumententechnik, über den Gebrauch und die Leistungen Reichenbachscher Instrumente gibt, sagt er in der „Monatlichen Korrespondenz“ von 1812 auszugsweise: „Er (Reichenbach) baut erstens ganz einfache Theodolite mit einem Fernrohr, zweitens Repetitionstheodolite mit zwei Fernrohren, und drittens astronomische Theodolite, deren Kreis sowohl horizontal gestellt und zu geodätischen, als auch in vertikaler Stellung zu astronomischen Beobachtungen gebraucht werden kann. Die Repetitionstheodolite von 8" Durchmesser sind für die allergenauesten geodätischen Messungen hinlänglich, weil sie wegen ihres sehr geringen Gewichtes so transportabel sind und so wenig Raum einnehmen, daß man sie sehr leicht auf alle Berge und auf alle Türme bringen und in allen Schallöchern, Mauerscharten und allen Dachfenstern aufstellen kann. Durch die vier Nonien dieser kleinen Theodolite kann man unmittelbar auf der Kreisteilung 10 Sekunden ablesen und 5 Sekunden lassen sich sehr bestimmt schätzen. Die Vervielfältigung wird daher mittels des oberen Fernrohres verrichtet und läuft in einer einfachen arithmetischen Progression fort. Ungeachtet dieser langsamen Vervielfältigung gelangt man bei den Reichenbachschen Theodoliten schon nach der 10. Wiederholung auf die einzelne Sekunde des beobachteten Winkels, wie alle diejenigen erfahren, welche das Glück und den Vorteil haben, mit dergleichen Theodoliten zu operieren.“

Die Reichenbachschen Instrumente gelangten durch die Arbeiten, welche Schumacher, Gauß und Bessel mit ihnen ausführten, zu allseitiger Anerkennung. Er baute in den Jahren 1810—1820 eine überaus große Anzahl astronomischer und geodätischer Instrumente, und zwar nicht nur transportable, sondern auch die großen Durchgangsinstrumente, z. B. dasjenige für Göttingen, und die Meridiankreise für Neapel, Königsberg, Göttingen und für andere Sternwarten. Eine besondere Art von Instrumenten, die in gewisser Beziehung die großen englischen Zenitteleskope von Ramsden und Troughton ersetzen sollten, waren die für Mannheim und später für Neapel (Abb. 11 und 12) gebauten Höhenkreise mit Bewegung um eine in einem unteren und einem oberen Zapfenlager geführte vertikale Achse, zu denen ihm auch wohl die sehr ungefügen Altazimute, wie sie Ramsden kurz vorher für Piazzi in Palermo und Troughton für Greenwich gebaut hatten, Veranlassung gaben. Die Überlegenheit der Reichenbachschen Konstruktion geht aus dem Vergleich der Abb. 13 und 14 deutlich hervor, welche einen Ramsdenschen und einen Reichenbachschen Theodoliten in gleichem Maßstabe darstellen.

Es war besonders die Vereinfachung der Achsensysteme, welche die Reichenbachschen und Repsoldschen Instrumente jener Zeit auszeichneten.

In Frankreich waren es Gambey und Le Noir, welche um jene Zeit für die französischen Geometer und Astronomen die nötigen Instrumente lieferten, die diese in der letzten Hälfte des 18. Jahrhunderts zu ihren großen Vermessungen zur

Bestimmung der Größe und Gestalt der Erde bedurften. Die Resultate dieser Gradmessungen sind aber ihrerseits wieder von besonderer Bedeutung für die Feinmechanik geworden, weil auf sie die Annahme eines Normalen für die Längenmessung gegründet wurde. Durch die Bestimmungen der französischen Nationalversammlung vom 7. April 1795 und vom 24. April 1799 wurde bekanntlich der zehnmillionste Teil des Erdquadranten als Einheit für die Längenmessungen, nämlich das Meter, festgesetzt. Es wurde abgeleitet aus dem Maßstabe, der bei den französischen Gradmessungsarbeiten als Einheit der Längenmessung gedient hatte, nämlich der Toise de Pérou. Das heute in fast allen zivilisierten Ländern als Längeneinheit angenommene Meter ist auch zugleich die Grundlage für das gesamte Maß- und Gewichtssystem geworden. Allerdings stellt das Meter nicht in dem Sinne ein Naturmaß dar, wie es ursprünglich beabsichtigt worden war, denn

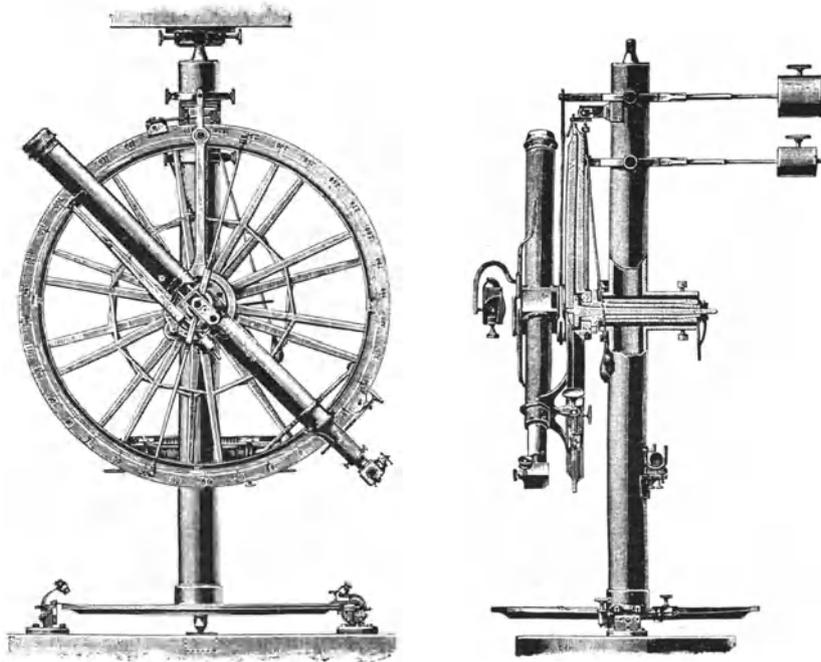


Abb. 11 und 12. Vertikalkreis von Reichenbach. 1814.

jede neue Messung von Gradbögen lieferte andere und genauere Werte für die Länge des Erdquadranten, ganz abgesehen davon, daß diese Längen an verschiedenen Stellen der Erde verschiedene Werte besitzen, die Erde also nicht als ein vollkommenes Rotationsellipsoid angesehen werden kann. Aber gerade die Vergleichen der in den einzelnen Ländern dem Maßsystem zugrunde gelegten Meterstäbe mit dem Pariser Normalmaß, welches nun seinerseits als maßgebend beibehalten wurde, stellte der Feinmechanik neue interessante Aufgaben, da es selbstverständlich nötig wurde, diese Vergleichen mit aller nur erreichbaren Genauigkeit durchzuführen und von Zeit zu Zeit zu wiederholen.

Zu den Messungen der Grundlinien der Dreiecksnetze war es erforderlich, sollte die angestrebte Genauigkeit erreicht werden, Maßstäbe zu konstruieren, mit denen es möglich ist, Strecken von mehreren Kilometern bis auf wenige Millimeter genau

zu messen. Besondere Schwierigkeiten bereitete dabei die Bestimmung der Temperatur der zu den Messungen benutzten Metallmaßstäbe. Den Mechanikern fiel die Aufgabe zu, nach Angabe der Geodäten Einrichtungen zu konstruieren, die die Längenänderungen dieser Maßstäbe mit der Temperatur genau zu bestimmen erlaubten, und Vorkehrungen zu treffen, um die Aneinanderreihung einer Anzahl solcher Maßstäbe, gewöhnlich drei, genau zu ermöglichen. Die Konstruktion solcher Basismessapparate mit allem ihrem Zubehör beschäftigt bis auf den heutigen Tag die hervorragendsten Werkstätten. Von besonderer Bedeutung wurden die Apparate,

welche Borda in Frankreich, Reichenbach und Repsold in Deutschland, Hassler in der Schweiz und später Brunner in Frankreich bauten. In neuerer Zeit hat man versucht, an Stelle dieser komplizierten Apparate auf Vorschlag des Schweden E. Jäderin Drähte von 30 und 50 m Länge zu verwenden, welche aus sog. Invarmetall, einer Legierung von Stahl und Nickel, hergestellt sind. Diese Legierung besitzt die Eigentümlichkeit, daß sie

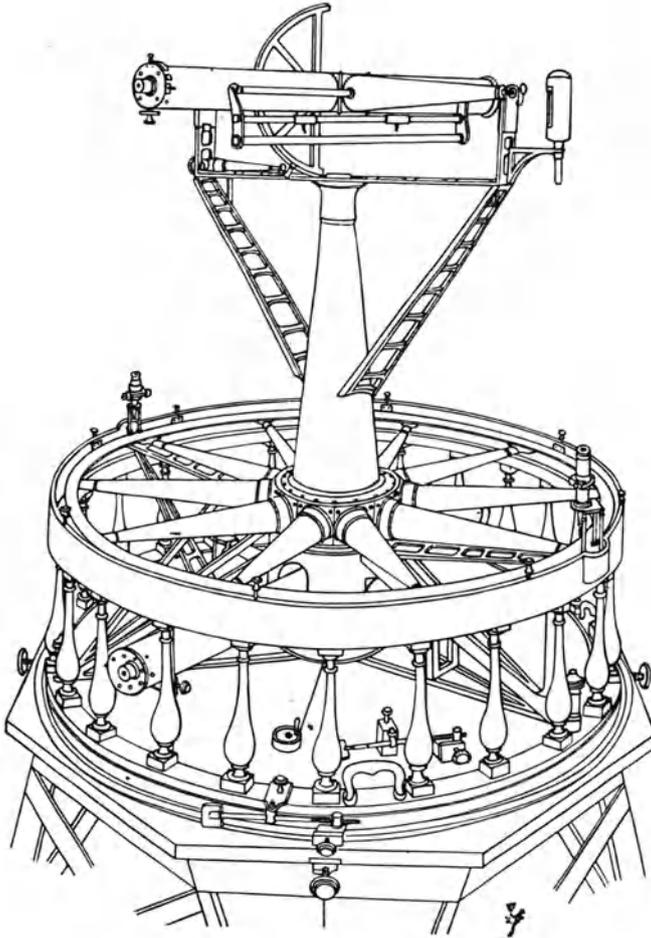


Abb. 13. Ramsdens großer Theodolit mit Horizontalkreis von 3' engl. Durchm. um 1790. M. 1 : 10.

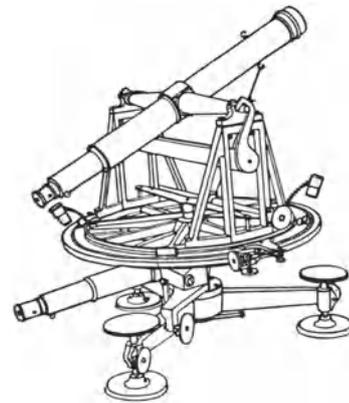


Abb. 14. Reichenbachs 12 zölliger Theodolit um 1800. M. 1 : 10.

bei verschiedenen Temperaturen keine oder nur eine sehr geringe Längenveränderung zeigt. Dadurch ist es möglich geworden, die Messung solch langer Strecken, die sonst eine ganze Reihe von Tagen und einen großen Aufwand von Vorbereitungen, Apparaten und Hilfspersonal erforderte, in wesentlich kürzerer Zeit auszuführen.

Nach dem Vorgange Borda's wurden bei den Gradmessungsarbeiten des vorigen Jahrhunderts fast ausschließlich die Basismessungen mit Stangen vorgenommen, die aus zwei verschiedenen Metallen in der Weise zusammengesetzt waren, daß deren unterschiedliche Ausdehnung mit der Temperatur zugleich als Thermometer benutzt wird und sie so selbst das Maß liefern für die Veränderung ihrer Länge während der Messung. Auf einer Platin- oder Stahlstange von der für die Meßstangen gewählten Länge (zwischen 4 und 8 m) ist eine Kupfer- oder Zinkschiene von etwas geringerer Länge so aufgelegt, daß beide Stangen an einem Ende miteinander fest verbunden sind, im übrigen sich aber frei gegeneinander verschieben können. Durch eine besondere Vorrichtung kann dann die gegenseitige Längenänderung sehr genau festgestellt und damit die ganze Meßstange zu einem Metallthermometer gemacht werden. Außerdem ist durch ihre gesamte Anordnung dafür gesorgt, daß die wirklich zur Messung benutzten Stangen selbst durch Einkleidung in Holz- oder

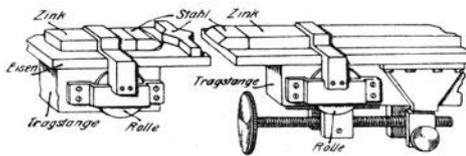


Abb. 15. Besselscher Basisapparat.

Metallkästen, aus denen nur ihre Enden hervorragen, gegen den Einfluß der Sonnenstrahlung und der Durchbiegung, soweit nur irgend möglich, geschützt werden, was durch sinnreiche Lagerung bewirkt werden kann. Abb. 15 stellt die Enden zweier aufeinanderfolgender Meßstangen des berühmten Besselschen Basisapparates dar. Auch wurden seit jener Zeit die Meßstangen nicht mehr unmittelbar zur Berührung gebracht, damit nicht beim Aneinanderlegen kleine Verschiebungen erfolgen können. Die verbleibenden Zwischenräume wurden nach Reichenbachs Vorschlag mit sog. Meßkeilen gemessen, das sind 20—30 cm lange, aus Glas oder hartem Stahl hergestellte vierseitige prismatische Stäbe (Abb. 15), von denen zwei gegenüberliegende plane Flächen unter einem sehr spitzen Winkel gegeneinander geneigt sind. Auf der einen trapezförmigen Seite ist eine Teilung in Millimetern angebracht, durch welche der zugehörige Abstand der beiden Meßflächen an der betreffenden Stelle angegeben werden kann. Die Benutzung dieser Keile wurde dadurch möglich, daß man die Enden der Meßstangen selbst, die früher entweder in planen oder in nach einer Kugelkalotte abgedrehten Flächen endeten, schneidenförmig gestaltete. Die beiden Endschnitten stehen senkrecht zueinander, so daß eine Berührung der Stangen streng genommen nur in einem Punkte stattfinden kann. Die Stangen werden aber nicht ganz aneinander geschoben, sondern die Zwischenräume mit dem beschriebenen Keil so gemessen, daß dieser an der einen Schneide angelegt und so weit zwischen die Stangen geschoben wird, bis die Endschneide der folgenden Stange ihn berührt; die durch die Millimeterskala bestimmte Stelle des Meßkeils ergibt dann den Abstand. In neuerer Zeit werden allerdings nicht mehr Endmaßstäbe verwendet, sondern solche, bei denen nicht weit von ihren Enden feine Striche senkrecht zur Längsachse gezogen sind. Den Abstand dieser Striche mißt man dann durch besonders konstruierte Mikroskope.

Nachdem der französische Astronom Richer 1671 bei seiner Anwesenheit in Cayenne bemerkt hatte, daß die Länge seines Sekundenpendels dort eine andere sein mußte als in Paris, hat man die Gestalt der Erde auch auf Grund von Pendelbeobachtungen an vielen Orten zu bestimmen unternommen. Zunächst geschah dies dadurch, daß man die Länge des Sekundenpendels in absolutem Maße zu ermitteln

versuchte. Besondere Reisen wurden zu diesem Zweck ausgeführt, und man gab den benutzten Apparaten die Einrichtung der sog. Reversionspendel, die so konstruiert sind, daß eine Metallstange mit zwei Schneiden ausgerüstet ist, um welche das Pendel schwingen kann. Auf der Pendelstange selbst sind Gewichte verschiebbar, deren Stellung so gewählt wird, daß die Schwingungsdauer des Pendels bei beiden Aufhängungen genau dieselbe wird. Ist diese Gleichheit der Schwingungen erreicht, so ist die Entfernung der beiden Schneiden gleich der Länge eines mathematischen Pendels, das mit dem physischen dieselbe Schwingungsdauer hat. Sowohl die Herstellung solcher Pendel und besonders ihrer Schneiden, als auch der Apparate, welche zur Messung der Entfernung der Schneiden benutzt werden, müssen äußerst sorgfältig konstruiert sein und stellen hohe Anforderungen an den ausführenden Mechaniker. Messungsreihen mit solchen Pendeln sind von Sabine, Kater und anderen auf ihren Reisen ausgeführt worden und haben viel zur Kenntnis der Oberflächengestaltung der Erde beigetragen. Neuerdings pflegt man solche absolute Messungen nur noch an astronomischen oder geodätischen Observatorien wegen der Schwierigkeit ihrer Ausführung vorzunehmen, und die erlangten Resultate bilden dann die Ausgangswerte für Messungen der Intensität der Schwerkraft für ein engeres Netz von Beobachtungspunkten, an denen man aber die Pendellänge nicht mehr in gleicher Weise, sondern durch die Benutzung von Pendeln konstanter Länge und Form (meist Halbskundenpendel) nach dem Vorschlage v. Sternecks mißt.

Der Bau derartiger Pendelapparate hat der Feinmechanik wieder ein besonderes Gebiet ihrer Betätigung bereitet, da bei ihrer Anordnung sowohl auf die Erhaltung der Konstanz der Aufhängung des Pendels, der Beobachtung seiner Schwingungsdauer und auf die Stabilität des gesamten Schwingungsapparates die größte Sorgfalt verwendet werden muß, wenn die durch sie erreichbare große Genauigkeit zur Bestimmung der Schwerkraft wirklich gewährleistet werden soll. Die Resultate solcher Beobachtungen lassen dann nicht nur auf die Entfernung des Beobachtungsortes vom Erdzentrum schließen, sondern geben sogar einen Anhalt für die Kenntnis der Verteilung der Massen im Erdinnern.

Die Verfolgung dieser Verhältnisse hat neuerdings zum Bau der noch empfindlicheren sog. Horizontalpendel geführt, wie sie von Stückrath in Friedenau bei Berlin und anderen Mechanikern nach den Angaben von Rebeur-Paschwitz, von Hecker in Potsdam und später von Eötvös gebaut und von diesen benutzt worden sind.

Mit den Messungen auf der Erde mußten aber, wenn ein genaues Resultat erzielt werden sollte, wie das bei den Beziehungen zwischen Kreisteilungen und Tafelwerten der Orte des Mondes auch zutage getreten ist, die astronomischen Bestimmungen gleichen Schritt halten, und da galt es vor allem, die Orte der Gestirne, welche ihrerseits wieder für die geographischen Breiten- und Längenbestimmungen notwendig sind, mit immer größerer Genauigkeit zu ermitteln; da es keinen Zweck haben kann, lineare große Entfernungen auf der Erdoberfläche bis auf Bruchteile des Meters sicher zu messen, wenn schon ein Fehler von einer Bogensekunde in der geographischen Breitenbestimmung einen solchen von etwa 30 m in der Länge des Erdbogens ausmacht. Ganz abgesehen davon, daß auf Grund der Arbeiten von Laplace, Gauß, Bessel, Newcomb und anderer die Theorie der Körper unseres Sonnensystems so weit gefördert wurde, daß nach den Lehren von Kopernikus, Kepler und Newton für die Vergleichung der Theorie mit den Ergebnissen der

Beobachtung eine Genauigkeit von Teilen der Bogensekunde gefordert werden muß, um auf die Vorgänge im Weltenraume sichere Schlüsse ziehen zu können. Die Grundlagen für diese Arbeiten bilden heute noch die Beobachtungen von Bradley, welche dieser mit seinem Mauerquadranten und seinem Durchgangsinstrument um die Mitte des 18. Jahrhunderts anstellte. Er bestimmte mit den unserer heutigen Auffassung nach ziemlich primitiven Instrumenten die Orte einer großen Anzahl von Gestirnen, es blieb aber den Arbeiten der Mechaniker vorbehalten, die Apparate zu liefern, welche die Ortsbestimmung der Gestirne immer mehr verfeinerten und zuverlässiger machten. Diese Instrumente, die der Mechaniker dem Astronomen lieferte, haben im Laufe der letzten hundert Jahre eine solche Vollkommenheit erlangt, daß, solange nicht ganz neue Prinzipien in die Meßkunst eingeführt werden können, kaum noch eine weitere erhebliche Vervollkommnung möglich erscheint. Es waren, wie oben schon angedeutet, fast ausschließlich deutsche Werkstätten, die hier die Führung übernahmen, und zwar in erster Linie wieder die der Münchner und der Hamburger Mechaniker. Sie gaben den Instrumenten die Verbesserungen, welche sie heute zu der großen Präzision ihrer Leistungen befähigen. Reichenbach hatte sich mit Liebherr und Fraunhofer verbunden und in Gemeinschaft mit dem geschäftsgewandten Utzschneider die Werkstätte ausgebaut, die hier die Führung übernahm. Er baute die großen Durchgangsinstrumente und Meridiankreise, von denen schon oben die Rede war, und nachdem es Fraunhofer auf Grund systematischer Versuche gelungen war, auch die Herstellung optischen Glases einigermaßen vom Zufall unabhängig zu machen, wurden die Fernrohre der Instrumente zu einer Vollkommenheit gebracht, die heute noch nicht wesentlich überholt ist, wenn auch ihre Dimensionen natürlich auf das Vielfache gebracht werden können. Gleichzeitig mit der Münchner Werkstätte haben die Repsolds besonders die Aufstellung und die Ausführung der mechanischen Teile wesentlich gefördert.

Im Jahre 1812 oder 1813 trennte sich Reichenbach von Utzschneider und Fraunhofer und nahm seinen früheren Gehilfen Ertel in eine neugegründete Werkstätte mit hinüber, während die alte von Utzschneider und Fraunhofer weitergeführt wurde. In Hamburg folgten Joh. Georg Repsold, der bei einem Brande ums Leben kam, seine Söhne Adolf und Georg. In München gründete zu Anfang der 30er Jahre August Steinheil, der unter Bessel auch theoretische Studien in der Astronomie neben seiner physikalischen Ausbildung betrieben hatte, eine eigene Werkstätte, die allerdings zunächst nur für seinen eigenen Bedarf arbeitete, bald aber durch die vielfachen Neukonstruktionen, welche dem erfinderischen Geiste ihres Gründers entsprangen, besonders auf optischem Gebiete, allgemein bekannt und geschätzt wurde. Ebenso wie die bereits genannten Werkstätten genießt auch diese unter seinem Enkel, Rudolph Steinheil, noch hohes Ansehen, ging aus ihr doch das größte Fernrohrobjektiv hervor, welches wir in Deutschland besitzen, das des großen Potsdamer Refraktors von 80 cm Durchmesser. Auch für der eigentlichen Mechanik fernerstehende Kreise wird es von Interesse sein, ein größeres parallaktisch aufgestelltes Fernrohr, wie es 1819 von Gambey für die Pariser Sternwarte gebaut wurde, mit dem seinerzeit als ein Wunder der Feinmechanik bezeichneten Dorpater Refraktor von Fraunhofer und dem eben genannten Potsdamer Instrument zu vergleichen. Abb. 16, 17 und 18 lassen den Fortschritt auf den ersten Blick erkennen. Es kann natürlich im Rahmen dieser Skizze nicht die Aufgabe sein, die Einzelheiten der konstruktiven Durchbildung solcher Instrumente des weiteren zu

verfolgen, denn das würde allein ein stattliches Heft füllen, aber selbst dem Laien wird aus den Abbildungen erkennbar sein, welch ungeheurer Aufwand von technischen Mitteln und sinnreichen Konstruktionen nötig geworden ist, ein solches Kunstwerk, wie es ein großer Refraktor der Neuzeit darstellt, zustande zu bringen. Ein wesentlicher Anteil an der Vervollkommnung in der Montierung der großen Äquatoreale fällt der Repsold'schen Werkstätte zu, und wenn wir später noch sehen werden, daß auch in England und in den Vereinigten Staaten solche Instrumente in zweckmäßiger und sinnreicher Ausführung gebaut werden,

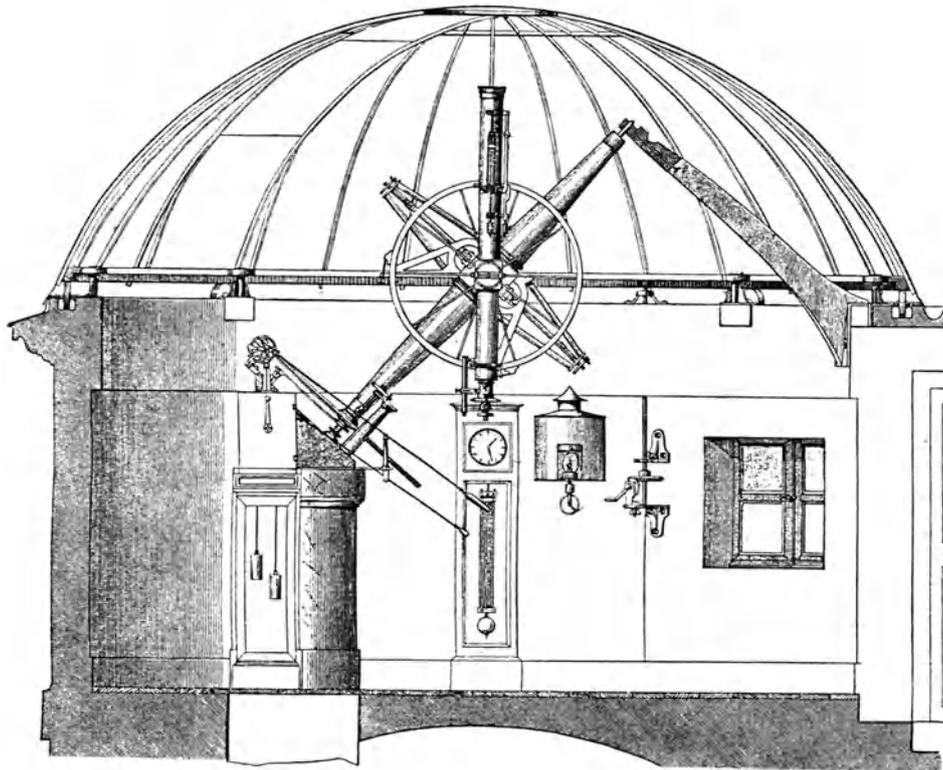


Abb. 16. Refraktor von Gambey für die Pariser Sternwarte. 1834.

so ist doch die elegante Form bei großer Stabilität von anderer Seite nicht erreicht worden.

Während der Dorpater Refraktor noch in allen seinen Teilen in München hergestellt wurde, haben sich G. J. Repsold und seine Söhne und Enkel, die heutigen Inhaber der Werkstätte¹⁾, ausschließlich den immer mehr verbesserten Aufstellungen und Ausrüstungen der Instrumente allein zugewandt. Das tritt noch mehr als in den durch die Großartigkeit der Abmessungen auffallenden Refraktoren, wie ihn das Potsdamer, das Pulkowaer und viele kleinere Instrumente dieser Art aufweisen, zutage bei den als

¹⁾ Die letzten Inhaber, Dr. Johann und sein Bruder Oscar Repsold, sind beide wenige Monate nacheinander während der Drucklegung dieser Zeilen gestorben. Die altberühmte Werkstätte ist damit leider eingegangen.

eigentliche Fundamentalinstrumente anzusprechenden Durchgangsinstrumenten und Meridiankreisen. Es kann hier natürlich nicht in weitere Einzelheiten eingegangen werden, aber auf einige wesentliche Punkte, die sich auf die Vervollkommnung der letztgenannten Instrumentengattungen beziehen, soll doch hingewiesen werden. Wenn es sich bei den großen Fernrohren in erster Linie darum

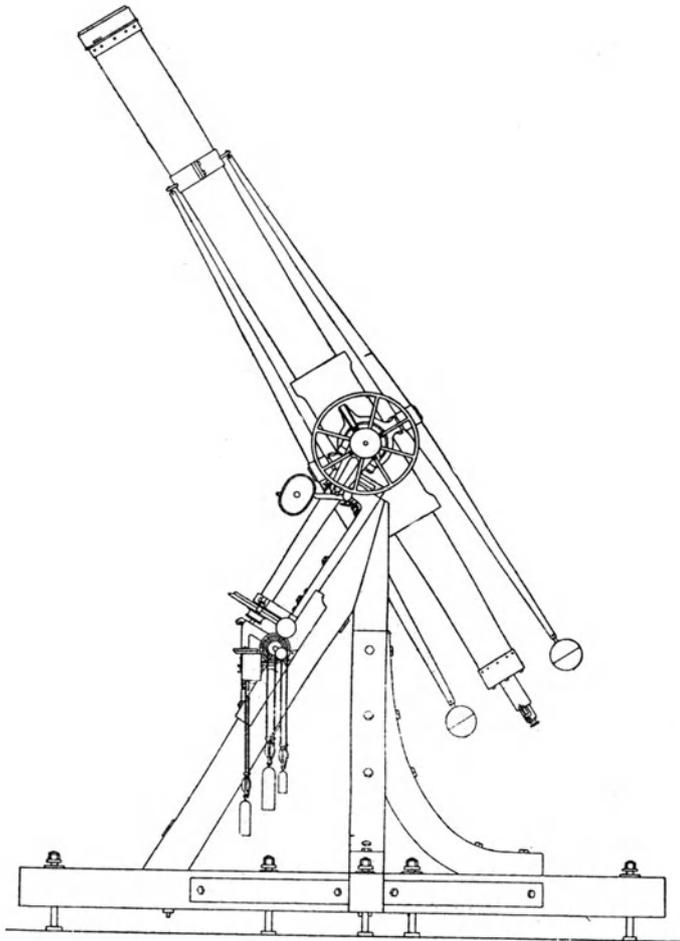


Abb. 17. Refraktor von Fraunhofer für Dorpat. 1824.

handelte, den bedeutenden Massen eine leichte und sichere Beweglichkeit und eine zuverlässige Einstellung auf einen bestimmten Punkt des Himmels zu geben, wozu die sinnreich durchdachte mechanische Ausführung gehört, so kommt es bei der zweitgenannten Gattung der Instrumente darauf an, die Angaben ihrer Kreise und sonstiger Meßvorrichtungen von allen äußeren Einflüssen soweit als irgend möglich unabhängig zu machen. Dahin gehört die Stabilität der Aufstellung und die Sicherung der einzelnen Teile des Instrumentes gegen Temperaturänderungen, wozu noch eine bequeme Handhabung gefordert werden muß, um es dem Beobachter ohne größere Ermüdung zu ermöglichen, längere Beobachtungsreihen in einheitlicher Weise durchzuführen. Es

müssen daher diese Instrumente vor allem auf ein gut fundiertes Pfeilersystem gegründet sein.

Was die Instrumente selbst betrifft, so pflegt man heute dem Grundsatz der vollkommenen Symmetrie große Bedeutung beizulegen. Man versieht deshalb die Meridiankreise zu beiden Seiten des Fernrohres mit gleichen Kreisen und Klemmen von derselben Form; auch die Einrichtungen zur Bewegung werden zu beiden Seiten des Kreises angebracht. Hat man früher die Lager der Zapfen der Umdrehungsachse an den Pfeilern selbst angeschraubt, so daß den fein geteilten Kreisen, an welchen man die Deklinationen der Gestirne bestimmt, in ihrer unteren Hälfte die Steinmassen der Pfeiler gegenüberstanden, während sie in ihrer oberen

Hälfte aber freilagen, so führt man gegenwärtig die Steinfeiler nur so hoch, daß sie mit den unteren Teilen des Kreises abschneiden und gibt ihnen eiserne Aufbauten, die in ihrer Form derjenigen der Kreise entsprechen. Diese Aufbauten von trommel-

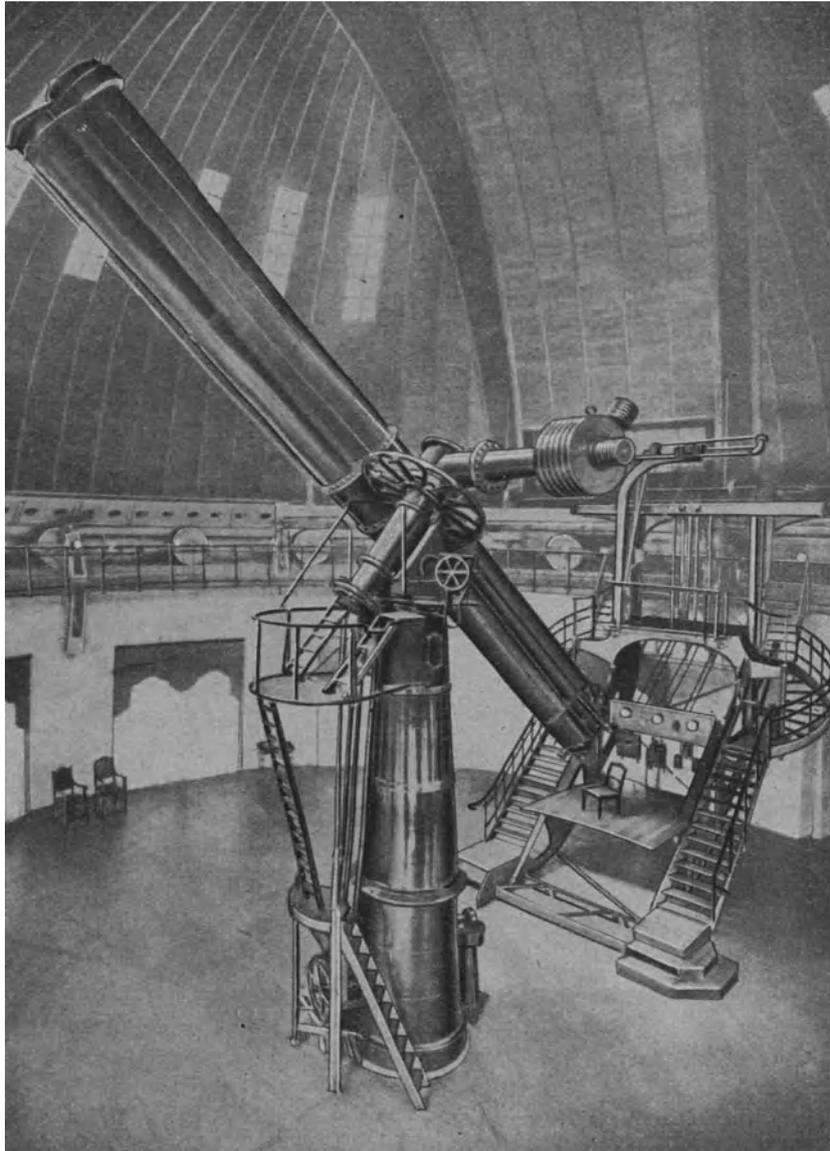


Abb. 18. Refraktor von Repsold für Potsdam. 1898.

förmiger Gestalt bilden dann gleichzeitig die Stützpunkte für die Ableseeinrichtungen und die Träger der Gegengewichte, denn man läßt die schweren Instrumente nur mit einem verhältnismäßig geringen Druck (4 bis 5 kg/qcm) in ihren Lagern ruhen, damit sowohl keine Abnutzung der absolut genau als Zylinder von gleichem Durch-

messer abgedrehten Zapfen eintreten kann und Durchbiegungen der Umdrehungsachse durch das eigene Gewicht des Instrumentes vermieden werden. Auch für das Fernrohr ist durch die Gestaltgebung die Möglichkeit einer Durchbiegung zu verhindern; um aber trotzdem gegen die Wirkung einer solchen gesichert zu sein, werden Objektiv- und Okularapparat vertauschbar eingerichtet, und außerdem pflegt man die Beobachtung der Gestirne so durchzuführen, daß man einen Teil von ihnen einstellt mit der Richtung des Fernrohres auf das Gestirn selbst und einen anderen Teil, bei dem man das Fernrohr auf das in einen Quecksilberhorizont reflektierte Bild des Gestirnes gerichtet hat.

Es mögen auch hier zur Veranschaulichung der Fortschritte im Bau dieser Instru-

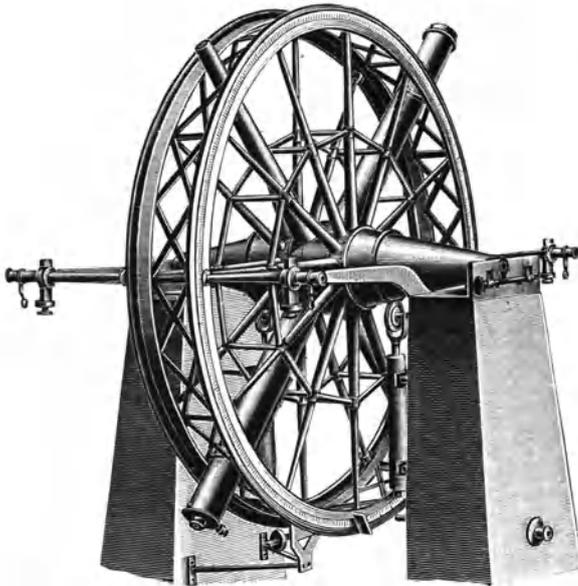


Abb. 19. Meridiankreis von Troughton & Simms.
1806.

mente wieder die Abb. 19, 20, 21, 22 dienen, welche Meridiankreise von Troughton & Simms, von Reichenbach aus dem Beginn des 19. Jahrhunderts, einen solchen von Pistor und Martins aus den 60er Jahren und den neuen Repsold'schen Meridiankreis der Kieler Sternwarte darstellen.

Sind die Durchgangsinstrumente, die Vertikal- und Meridiankreise bestimmt, die Orte der Gestirne mit direkter Bezugnahme auf die Fundamentalebene des Horizontes und damit nach Berücksichtigung der Polhöhe des Beobachtungsortes auf das System des Äquators zu beziehen, wie die Gestirnpositionen gegenwärtig in den Sternverzeichnissen angegeben werden, so fällt den

parallaktisch aufgestellten Instrumenten mit ihren mächtigen optischen Hilfsmitteln die Aufgabe zu, durch Messungen im Gesichtsfeld der Fernrohre selbst relative Ortsbestimmungen, auch der schwächsten, mit ihnen noch eben wahrnehmbaren Körper des Weltensystems vorzunehmen und in neuerer Zeit auch deren physischen Zustand durch Anwendung photographischer und spektographischer Methoden zu ermitteln. Dazu ist es in vielen Fällen erforderlich, daß die großen Fernrohre besondere Einrichtungen besitzen, welche es möglich machen, die nötigen Hilfsapparate leicht und bequem anbringen zu können und weiterhin die Objektive so zu konstruieren, daß sie die von den Himmelskörpern zu uns gelangenden Lichtstrahlen, besonders für die aktinisch wirksamen Strahlengebiete, zum Bilde vereinigen, weil diese für die photographische Platte im wesentlichen in Betracht kommen. Diese Bedingung hat in den letzten Jahrzehnten wieder dazu geführt, an die Stelle der dioptrischen Fernrohre solche zu setzen, bei denen die Bilder durch Reflektion der Lichtstrahlen an sphärisch oder parabolisch gekrümmten Spiegeln erzeugt werden, wie man das ja bekanntlich im 18. Jahrhundert getan hat, als man glaubte, daß es nicht gelingen werde, Linsen von größerem Durchmesser herzustellen, die farbenfreie Bilder er-

zeugen könnten. Das war ja der Grund, welcher unter anderen Newton, Herschel und Lord Ross zum Bau ihrer großen Reflektoren veranlaßte.

Die Möglichkeit des Baues der großen dioptrischen Fernrohre ist einmal bedingt gewesen durch die Herstellung geeigneter Glasarten in großen Scheiben und andererseits in der Durchbildung und Anordnung der Linsen selbst.

Wenn auch die Fortschritte in dieser Richtung hier nicht des weiteren zu erörtern sind, weil sie auf einem anderen Gebiete als dem der eigentlichen Feinmechanik liegen, so muß doch erwähnt werden, daß wir sie zunächst den Arbeiten von Fraunhofer und später denjenigen von Abbe und Schott in Jena zu ver-

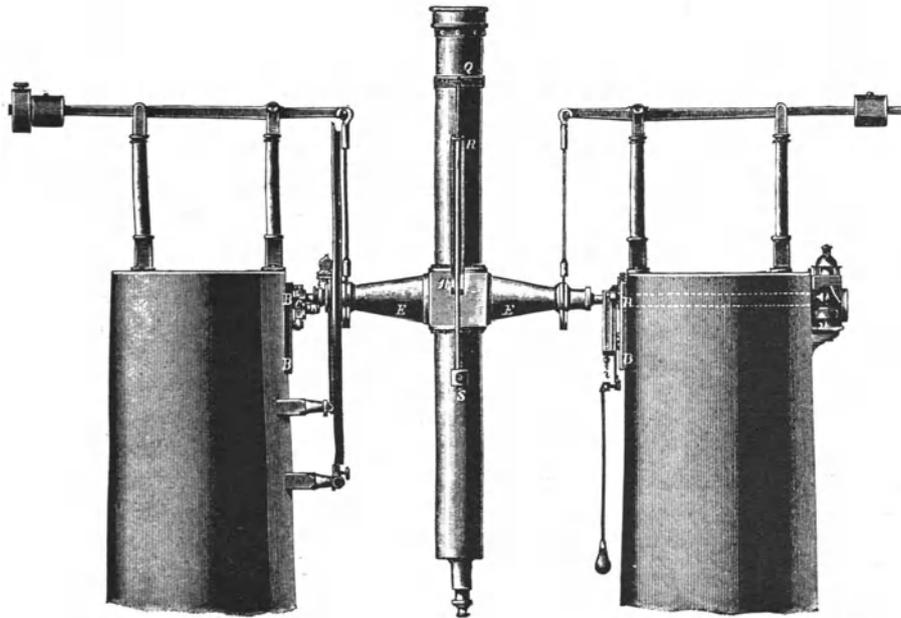


Abb. 20. Meridiankreis von Reichenbach für Neapel. 1814.

danken haben, wodurch heute die deutschen Werkstätten, die sich dem Bau astronomischer und photographischer Instrumente widmen, vollständig unabhängig von den Glasschmelzen des Auslandes geworden sind.

Es muß nun noch auf die Entwicklung der Apparate zur relativen Ortsbestimmung, die Mikrometer, eingegangen werden, weil sich gerade bei diesen dem Mechaniker ein reiches Feld für die konstruktive Tätigkeit darbot. Nach der Einführung des Fadennetzes in die astronomische Beobachtungstechnik ist dieses in den verschiedensten Formen benutzt und immer mehr verbessert worden. Aber nicht nur mit Benutzung von Fäden sind mikrometrische Einrichtungen hergestellt worden, sondern man hat auch Kreislinien, rhombenförmige Figuren oder gekreuzte Lamellen als mikrometrische Einrichtungen angewandt, um im Gesichtsfeld des Fernrohres die Koordinatendifferenzen zweier Gestirne zu bestimmen. Wenn auch die letztgenannten Anordnungen nicht dieselbe Genauigkeit gewähren wie die gleich näher zu besprechenden Fadennikrometer, so bieten sie doch den großen Vorteil, daß man sie auch im unbeleuchteten Gesichtsfelde benutzen kann, wodurch es möglich wird, mit Hilfe der Ein- und Austritte der Gestirne an diesen Gebilden

auch sehr schwache Objekte noch der Vergleichung unterwerfen zu können. Um größere Genauigkeit zu erzielen, muß man aber doch immer wieder seine Zuflucht zu den Mikrometern nehmen, bei welchen feine Fäden (Spinnenfäden) zur Messung der Abstände der Gestirne voneinander benutzt werden (oder bei denen ein sogleich näher zu erläuterndes Prinzip zur Anwendung gelangt) und bei denen die Stellung der Fäden durch die Benutzung äußerst sorgfältig hergestellter Schrauben gemessen wird.

Gerade die Forderung, diesen Meßschrauben eine der idealen Form so nahe als möglich kommende Gestalt zu geben, hat den Künstlern wieder sehr wichtige

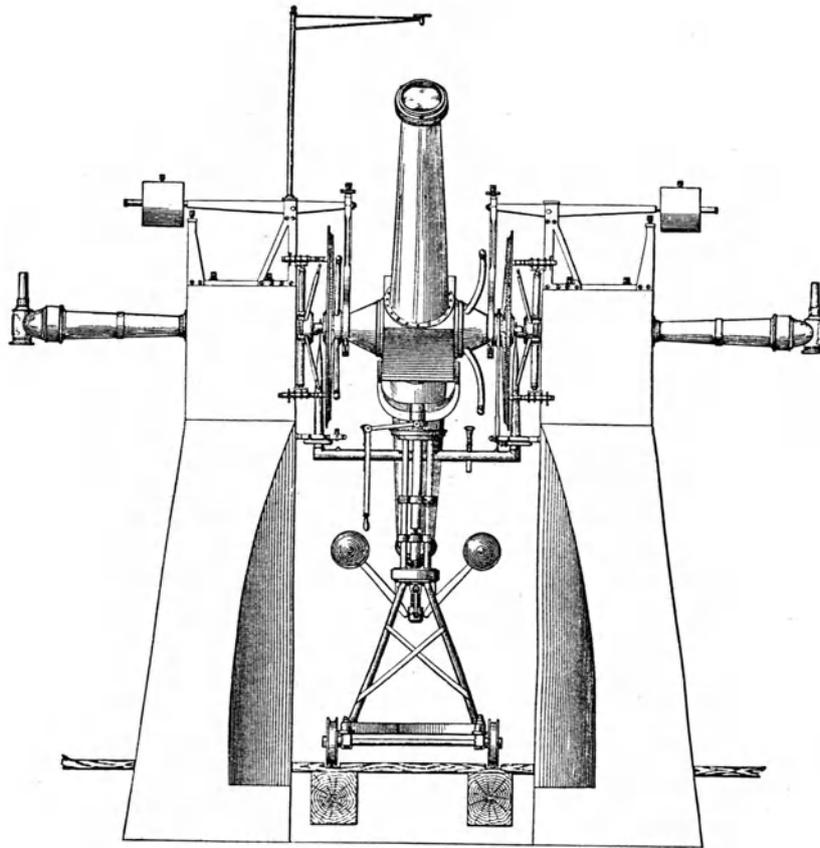


Abb. 21. Meridiankreis von Pistor und Martins für Washington. 1860.

Aufgaben gestellt, und es gelingt auch heute nur wenigen Werkstätten, unter Anwendung aller Vorsichtsmaßregeln, mustergültige Schrauben zu erzeugen, die dann allerdings sowohl mit Rücksicht auf die Gleichheit der Ganghöhen im Verlauf ihrer ganzen Länge, als auch hinsichtlich der gleichen Steigung im Verlaufe jedes einzelnen Ganges, kaum noch Unterschiede zeigen, die ein Zehntausendstel des Millimeters überschreiten. Aber nicht nur die Herstellung der Meßschrauben selbst, sondern auch ihre Lagerung und Führung sowie auch die der Rahmen, auf denen die beweglichen Fäden aufgespannt sind, stellen hohe Anforderungen an die Geschicklichkeit des Mechanikers.

Vom einfachen Schraubenmikroskop zur Ablesung der Unterabteilungen von Kreisen und Maßstäben bis zu den komplizierten Positionsmikrometern der großen Refraktoren mit kreuzweise beweglichen Fadensystemen hat es vieler Über-

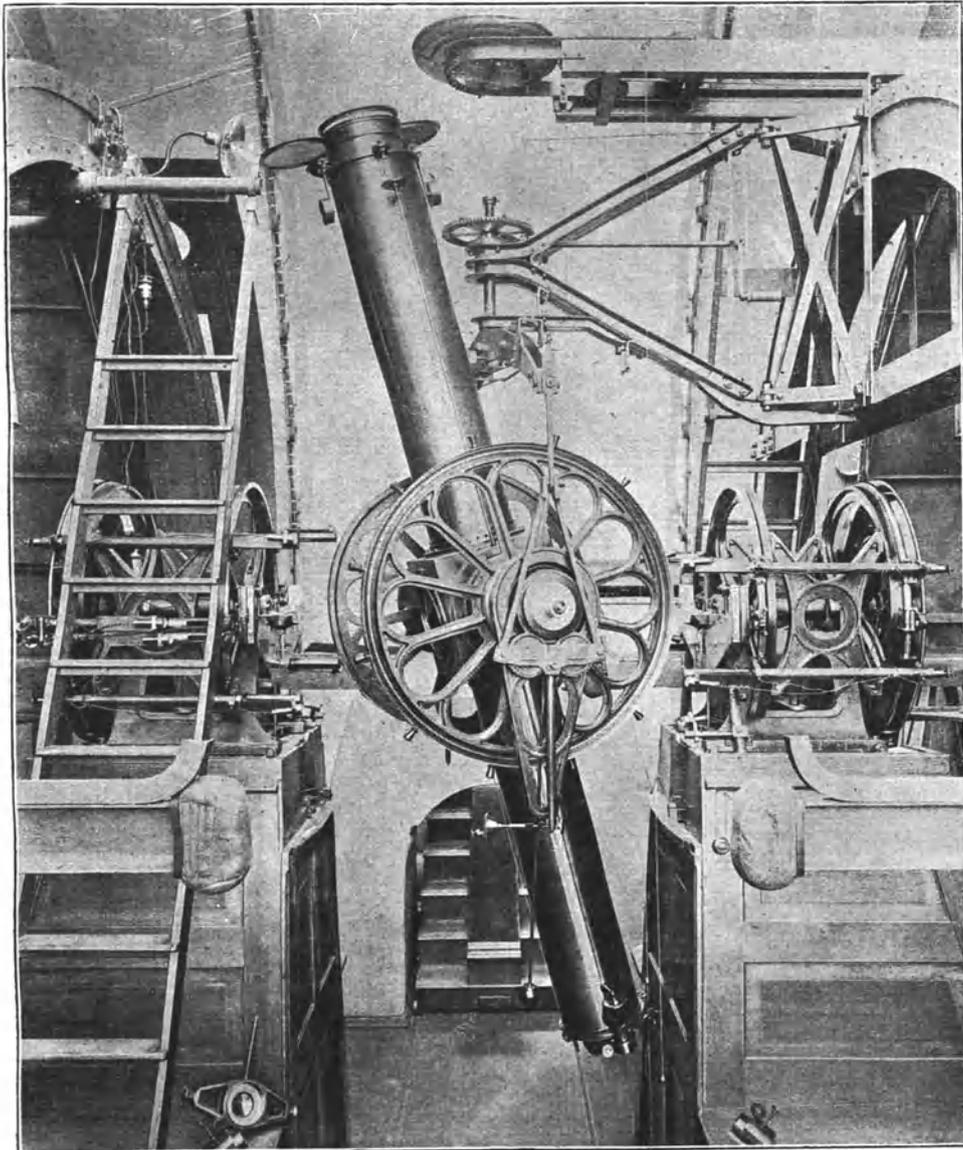


Abb. 22. Meridiankreis von Repsold. 1902.

legungen und sinnreicher Konstruktionen bedurft. Gewisse Einflüsse in der Auffassung der Antritte der Gestirne, die sich bei Benutzung der Fadenmikrometer zeigten und die sich darin kundgeben, daß diese von verschiedenen Beobachtern zu verschiedenen Zeiten wahrgenommen werden und die erhebliche Bruchteile der

Sekunde voneinander abweichen können, wodurch ein Vergleich der Resultate sehr erschwert wird, haben dazu geführt, auch auf Mittel zu denken, diese physiologischen Fehler durch die Art der Beobachtung oder durch die Konstruktion des mikrometrischen Apparates unschädlich zu machen oder ganz aus den Resultaten zu eliminieren. Es muß daher als ein bedeutender Fortschritt bezeichnet werden, daß es der Repsold'schen Werkstätte gelungen ist, den Mikrometern eine Einrichtung zu geben, durch welche diese Art der Fehlerquellen fast vollständig beseitigt werden kann. Es geschieht das dadurch, daß man an die Stelle der Antrittsbeobachtungen solche setzt, bei denen der Faden ständig auf den sich bewegenden Stern gehalten wird, indem man den ersteren durch eine Schraube mit der Hand — man

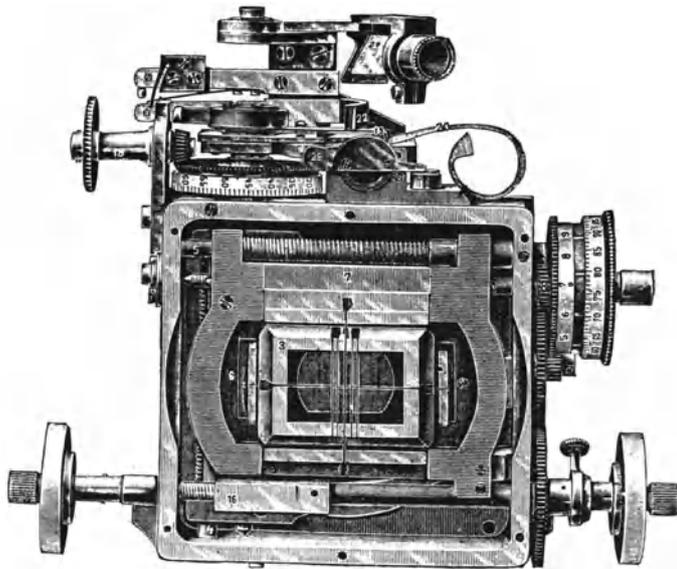


Abb. 23. Unpersönliches Mikrometer von Repsold.

hat das aber auch durch Zwischenschaltung von Uhrwerken versucht — dem Stern nachführt und bestimmte Stellungen desselben im Gesichtsfeld sich automatisch auf elektrischem Wege durch Kontakte an der Kopfscheibe der Meßschraube direkt registrieren läßt. Ein solches sog. unpersönliches Mikrometer in großer Vollkommenheit zeigt Abb. 23.

Auch auf anderem Wege ist es gelungen, die Person des Beobachters ganz aus den Resultaten der Antrittsbeobachtungen dadurch auszuschalten, daß man die Stellen,

an denen sich der Stern in bestimmten Momenten in der Bildebene befindet, auf photographischem Wege aufzeichnen läßt. Die dazu nötigen Zeitangaben werden dann ebenfalls selbsttätig durch elektrische Übertragung mit den Angaben der Beobachtungsuhr in Verbindung gebracht.

Eine ganz besonders schwierige Aufgabe hatte die Feinmechanik zu lösen bei der Ausgestaltung einer auf einem ganz anderen Prinzip beruhenden Mikrometerart. Es sind das diejenigen, welche unter dem Namen der Heliometer von dem Umstände Gebrauch machen, daß durch jede der beiden Hälften einer diametral durchschnittenen Sammellinse noch ein brauchbares, wenn auch weniger helles Bild des anvisierten Objektes erzeugt wird. Denkt man sich die Sonne mit einem solchen Objektiv betrachtet, so wird das Objektiv nur ein Bild von ihr liefern, solange die Objektivhälften mit ihren Mittelpunkten zusammenfallen. Werden diese aber längs der Schnittlinie gegeneinander verschoben, so werden zwei Bilder im Gesichtsfeld des Fernrohres entstehen, und diese werden zur Berührung gebracht werden können, wenn man den Objektivhälften eine bestimmte Entfernung voneinander gibt. Die Bewegung der Linsenhälften wird durch Schrauben bewirkt, die vom Okularende aus von dem Beobachter durch längs des Fernrohres laufende Schlüssel betätigt

werden. Verschiebt man die Objektivhälften so, daß sie durch die Koinzidenzstellung hindurchgehend in eine zweite, der ersteren Stellung symmetrische, gebracht werden, so wird wiederum eine Berührung der Sonnenbilder stattfinden. Die Größe der Gesamtverschiebung, dividiert durch die Brennweite des Objektivs, wird dann ein Maß für den scheinbaren, angulären Durchmesser der Sonne liefern. Denkt man sich nunmehr an Stelle der Sonnenränder zwei Sterne, so wird auch deren anguläre Distanz mit einem solchen Instrument gemessen werden können. So einfach dieses Prinzip erscheint, welches zuerst von dem Franzosen Bouguer, allerdings in etwas anderer Form, in Vorschlag gebracht wurde, so schwierig ist es doch gewesen, dieser Methode der Winkelmessung im Laufe von nahezu 200 Jahren eine instrumentelle Ausgestaltung zu geben, wie sie gegenwärtig den Heliometern eigen ist und diese zu den feinsten Meßapparaten des Astronomen gemacht hat. Es war namentlich der Bewegungsmechanismus der Objektivhälften, welcher diese zunächst auf ebenen Schienen führte, an deren Stelle später durch Repsold zylindrische, nach dem Radius der Brennweite abgeschliffene Flächen traten.

Für alle Fernrohre, bei welchen es sich um Messungen im Gesichtsfelde handelt, ist es notwendig oder dient doch in manchen Fällen zur Bequemlichkeit des Beobachters, wenn die der Beobachtung unterworfenen Stelle des Himmels im Gesichtsfelde des Instrumentes gewissermaßen ruhend bleibt. Bei großen Refraktoren, auch wenn deren Massen vollständig gleichmäßig zum gesamten Schwerpunkt angeordnet sind, bedarf es immerhin einer gewissen körperlichen Anstrengung, um sie dem beobachtenden Gestirne nachzuführen. Man hat deshalb die parallaktisch aufgestellten Instrumente mit Uhrwerken versehen, die dem Fernrohr eine Bewegung erteilen, welche der Umdrehung der Erde entgegengesetzt verläuft und so der Absehenslinie eine konstante Richtung im Raume gibt; dadurch wird ein Gestirn, welches z. B. durch die Bewegungseinrichtungen des Fernrohres an eine bestimmte Stelle des Gesichtsfeldes gebracht worden ist, auch dort verbleiben. Bei der Größe der zu bewegenden Massen bedurfte der Bau solcher Uhrwerke besonderer Kunstgriffe, zumal es darauf ankommt, dem Fernrohr eine vollständig gleichförmige Bewegung zu erteilen und nicht eine ruckweise, wie es ein gewöhnliches, durch ein Pendel reguliertes Uhrwerk tun würde. Es mußte daher das gewöhnliche Uhrpendel durch andere, den Ablauf des Räderwerkes regulierende Einrichtungen ersetzt werden. Das geschieht durch Regulatoren, welche dem W a t t s c h e n Pendel ähnlich konstruiert sind und deren Ausschlag durch besondere Einrichtungen begrenzt wird, oder neuerdings durch Elastizitätspendel, deren Schwingungsdauer durch die genau hergestellte Gestalt einer schwingenden Stahlstange bedingt ist und durch die Verschiebung eines Gewichtes längs der Stange reguliert werden kann.

Wenn bisher an einigen typischen Beispielen der besonders für astronomische und geodätische Messungen benutzten Instrumente die Entwicklung der feinmechanischen Kunst darzustellen versucht worden ist, so stellt das natürlich nur einen begrenzten Ausschnitt aus dem gesamten Gebiete der Feinmechanik dar, und es ist auch begreiflich, daß dabei nur ein beschränkter Kreis der führenden Werkstätten genannt werden konnte. Diese Einseitigkeit, die durch die getroffene Abgrenzung des Stoffes bedingt war, muß nun noch, um das Gesamtbild einigermaßen abzurunden und auch anderen Teilen der Feinmechanik gerecht zu werden, nach zwei Seiten ergänzt werden. Nämlich einmal mit Bezug auf die Vielseitigkeit der in Betracht kommenden Zweige der Feinmechanik sowie ihrer Vertreter und andererseits in Hinsicht auf den Anteil, den andere Nationen an den Fortschritten dieser

Kunst genommen haben. In ersterer Beziehung muß, wenigstens soweit Deutschland in Betracht kommt, nochmals auf den Beginn des 19. Jahrhunderts zurückgegriffen werden. Der mächtige Aufschwung, den die Naturwissenschaften seit diesem Zeitabschnitt genommen haben, hat es bedingt, daß eine größere Anzahl Werkstätten sich mit der Herstellung feinmechanischer Apparate befaßte, wie sie zu den Untersuchungen der Gelehrten gebraucht werden, und doch ist es durch

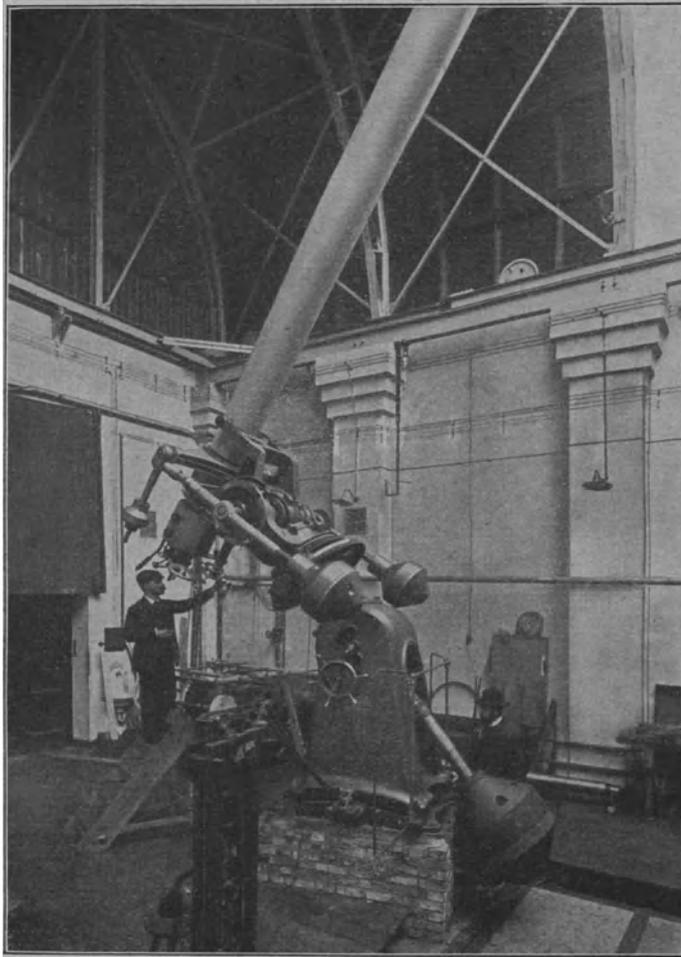


Abb. 24. Refraktor von Zeiß.

mannigfache Umstände bedingt, daß dabei immer einige Städte, einmal aus Tradition und andererseits auch durch die gebotenen Hilfsmittel veranlaßt, nicht zuletzt durch die die Apparate und Instrumente benutzenden Gelehrten und ihre Arbeitsstätten, so vor allem die Universitätsstädte, bevorzugt erscheinen. In erster Beziehung kommen die Werkstätten in München, Hamburg, Kassel und Berlin in Betracht. In München sind aus den mechanischen Instituten von Reichenbach, Fraunhofer & Utzschneider die von Ertel, Georg Merz und seinen Nachkommen und von Reinfelder & Hertel hervorgegangen, die heute noch blühen und sich besonders mit dem Bau geodätischer Instrumente und Fern-

rohre beschäftigen, dazu kommt die Steinheilsche Fabrik, die oben schon genannt wurde und die durch ihre Erzeugnisse auf dem Gebiete der Präzisionsoptik eine führende Stelle einnimmt. In den letzten Jahrzehnten sind aber noch hinzugekommen die Institute von M. Sendtner, der für einige Observatorien größere Instrumente hergestellt hat, und ganz besonders ist zu nennen die Werkstätte von Cl. Riefler, die nicht nur durch die Fabrikation ihrer Zeichenutensilien (Zirkel usw.), sondern hauptsächlich durch den Bau erstklassiger Pendeluhrn einen großen Ruf erlangte. Riefler hat durch die Einfüh-

rung ganz neuartig konstruierter Hemmungen die Leistungen der Pendeluhrn erheblich gesteigert.

Die Repsoldsche Werkstätte in Hamburg hat, wie oben schon erwähnt, sich besonders mit dem Bau großer geodätischer Apparate und mit der Herstellung der Montierungen der exaktesten großen astronomischen Instrumente befaßt und solche für den Bedarf fast aller Sternwarten der Welt geliefert. Außer ihr ist in Hamburg der Bau nautischer Instrumente, bedingt durch die Interessen der Schifffahrt, in den Vordergrund getreten, wobei sich besonders die Werkstätten von Plath und Hegelmann auszeichneten. Daneben ist seit langen Jahren die von A. Krüß gegründete Firma, die jetzt unter Leitung des Sohnes Prof. Dr. H. Krüß steht, hervorzuheben, die in erster Linie durch die photometrischen Apparate hervorragend, deren Konstruktion und Herstellung meist auf den eigenen theoretischen Studien des gegenwärtigen Inhabers beruhen oder doch von ihm wesentlich ausgebaut worden sind. Plath ist durch seine Reflektionsinstrumente, Hegelmann durch die Herstellung eigenartig konstruierter Schiffskompass bekannt geworden, welche durch das geringe Gewicht der Kompaßrosen und die Anordnung der Magnete in erfolgreichsten Wettbewerb mit den englischen Apparaten dieser Art treten können, wie sie besonders von W. Thompson angegeben wurden. Daneben darf nicht unerwähnt bleiben, daß auch die Herstellung von Schiffschronometern mit großem Erfolg von Th. Knoblich und W. Bröcking gepflegt wird, wenn auch in dieser Beziehung besonders auf Glashütte bei Dresden hingewiesen werden muß, wo durch die Gründung einer hervorragenden Uhrenindustrie, die von der dortigen Uhrmacherschule große Förderung erfährt, der englischen und schweizer Monopolstellung erfolgreiche Konkurrenz erwachsen ist.

In Kassel ist neben der alten, heute noch einen Weltruf besitzenden Breithaupt'schen Werkstätte, die ebenso wie die Repsoldsche seit einem Jahrhundert durch Söhne und Enkel des Gründers in ihrer hohen Leistungsfähigkeit erhalten wird, noch diejenige von Fennel hinzugekommen, die im Bau geodätischer und kleinerer astronomischer Instrumente Bedeutendes leistet. Den Berliner Werkstätten, von denen oben schon diejenigen von Oertling und von Pistor & Martins genannt wurden, haben sich im Laufe der Zeit, bedingt durch die zentrale Stellung, welche die Universität und die staatlichen Institute einnehmen, eine erhebliche Anzahl neuerer Firmen zugesellt. Es mag hier nur auf Carl Bamberg, gewissermaßen Nachfolger von Pistor & Martins, R. Fueß und J. Wanschaff hingewiesen werden, von denen der erstere und letztere sich mit dem Bau geodätischer und astronomischer Instrumente beschäftigt und der zweite ganz besonders für physikalische und meteorologische Instrumente in Betracht kommt. Abgesehen von den großen Gesellschaften, wie Siemens & Halske, für magnetische Meßapparate und alle in das Gebiet der Telegraphie gehörende Einrichtungen und die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, welche das Gebiet der Beleuchtungstechnik, soweit es feinmechanischer Natur ist, beherrscht, kommen noch die Werkstätten von Schmidt & Haensch für optisch-physikalische Instrumente, Goerz für optische und photographische Apparate, Halle ebenfalls für optische und H. Heele für ganze Montierungen in Betracht, und neuerdings ist Toepfer in Potsdam durch sorgfältige Ausführung auch größerer Instrumente (z. B. für die neue Berliner Sternwarte, Neu-Babelsberg) in die Reihe führender Firmen eingetreten.

Mit dem Gebiet der Feinmechanik steht in inniger Beziehung die Entwicklung der optischen Instrumente, und in dieser Richtung ist oben schon darauf hingewiesen

worden, daß es Fraunhofer gelungen war, optisches Glas in größeren Stücken von vorzüglicher gleichmäßiger Beschaffenheit für die Linsen seiner Fernrohre und Mikroskope herzustellen. In viel weitgehendem Maße wurde die Schmelzung der für die Optik nötigen Glasarten durch die in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts beginnenden Arbeiten von Professor Abbe und Dr. Schott in Jena gefördert. Hatte ersterer schon nach seinem Eintritt in die Firma Carl Zeiß deren Mikroskope auf Grund exakter mathematischer Studien über den Gang der Licht-

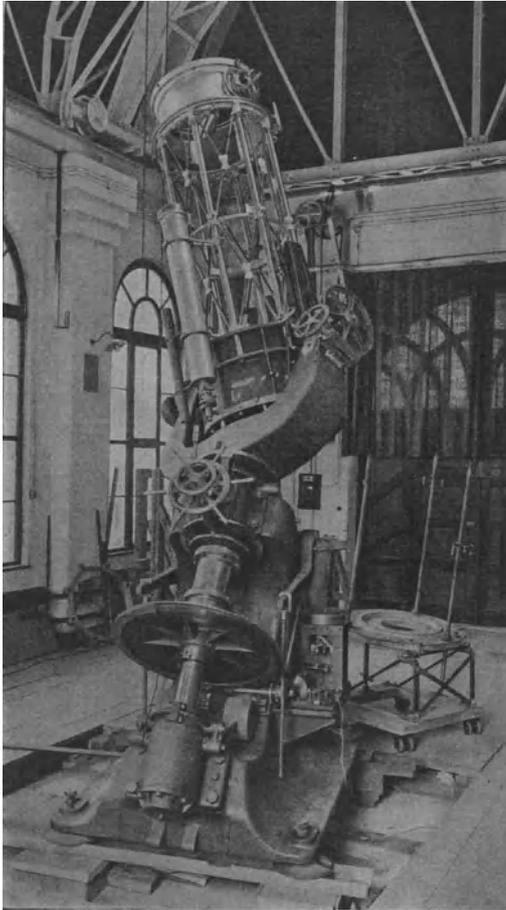


Abb. 25. Reflektor von Zeiß.

strahlen bei der Abbildung durch die Mikroskopobjektive zu großem Ansehen gebracht, so stellte sich doch im Laufe der Untersuchungen heraus, daß nur durch die Anwendung von Glasarten mit bestimmten Eigenschaften weitere Förderung auf diesem Gebiet zu erwarten war. Durch die Ausführung systematisch geordneter Schmelzungen gelang es nach vielen Versuchen und durch Zusatz bisher unbenutzter Elemente zu den Glasschmelzungen, schließlich eine ganze Anzahl von Glasarten in der erforderlichen Menge und Reinheit zu gewinnen, die in weitem Umfange alle dem Optiker wünschenswerte Eigenschaften besitzen. Ausgehend von diesen Erfolgen ist die Zeißsche Werkstätte noch unter Abbes eigener Leitung zu einem Weltinstitut ausgestaltet worden, welches heute der Stadt Jena ihr eigenartiges Gepräge aufdrückt und aus welchem im Laufe der Zeit nicht nur Mikroskope, sondern auch eine große Anzahl anderer optischer Erzeugnisse für die Photographie und die Meßtechnik in allen ihren Zweigen hervorgeht. In den letzten Jahren ist auch der Bau großer astronomischer Instrumente aufgenommen worden, und für verschiedene Obser-

vatorien, z. B. Heidelberg, Hamburg und andere, sind zum Teil eigenartig konstruierte und montierte große Refraktoren und Spiegelteleskope gebaut worden (Abb. 24 und 25), während aus der Schotttschen Glasfabrik zugleich die Scheiben für die Linsen dieser Instrumente hervorgingen und jetzt Scheiben von über 1 m Durchmesser sowohl aus Crown als auch aus dem schweren Flint geliefert werden.

Die Werkstätte von Ludwig Testorpf, die sich in Stuttgart mit dem Bau vorzüglicher geodätischer Instrumente beschäftigte, ist nach dem Tode des Gründers in den Besitz der Firma Sartorius in Göttingen übergegangen und wird dort als

eine Abteilung dieses Betriebes in erweitertem Umfange fortgeführt, während eine andere Abteilung wie früher sich mit dem Bau von Analysenwagen beschäftigt. Die Konstruktion solcher Wagen hat im Lauf der Jahre eine wesentliche Umgestaltung dadurch erfahren, daß man an die Stelle der früheren langarmigen Wagebalken, von denen man eine Erhöhung der Empfindlichkeit erwartete, zu kurzarmigen, besonders leicht gebauten Wagebalken überging. Dieser Übergang konnte durchgeführt werden, nachdem es gelungen war, sie aus dem 1827 von Wöhler entdeckten, aber erst weit später in der nötigen Menge und zu annehmbarem Preise erzeugten Aluminium herzustellen, wodurch trotz kräftiger Bauart der Wage doch eine kurze Schwingungsdauer gegeben werden konnte, was für die Schnelligkeit der Ausführung von Wägungen von erheblicher Bedeutung ist. Um den Bau solcher genaueren Wagen machten sich noch die Hamburger Werkstätte von Bunge und die Berliner von Stückrath besonders verdient.

Die unter Gauß und Weber einen bedeutenden Ruf genießende Werkstätte von M. Meyerstein in Göttingen, die einen großen Teil der von diesen Gelehrten angegebenen und bei ihren Arbeiten benutzten Instrumente, namentlich solche für magnetische Untersuchungen, hergestellt hat, und die auch die ersten Heliotrope für Gauß baute, ist später in den Besitz von A. Becker übergegangen, welcher sich aber im wesentlichen mit der Konstruktion von Mikrotomen beschäftigte. Diese Firma wurde vor einigen Jahren ebenfalls von Sartorius erworben, wo gegenwärtig der Bau von Mikrotomen fortgesetzt wird.

Außer den Sartoriuswerken haben sich, durch den Bedarf der Universität und des Observatoriums gefördert, noch eine Anzahl feinmechanischer Werkstätten mit dem Bau physikalischer und chemischer Apparate in Göttingen beschäftigt, und einige davon, wie R. Winkel, Lambrecht, Bartels, Spindler & Hoyer (die alte Dietrichsche Werkstätte), stehen heute noch in Blüte, und besonders die beiden letzteren haben den Bau der hochempfindlichen seismographischen Apparate und den physiologischer und meteorologischer Instrumente übernommen, wie sie von Prof. Wiechert und von Prof. G. E. Müller angegeben worden sind.

Es ist selbstverständlich nicht möglich, im einzelnen den Fortschritten, wie sie von bestimmten Firmen auf dem Gebiete der Feinmechanik gemacht worden sind, hier ganz gerecht zu werden, aber es muß doch auf einen Umstand hingewiesen werden, der der Feinmechanik zum besonderen Nutzen gereichte. Das ist die in Berlin in den 80er Jahren mit besonderer Unterstützung von Helmholtz und Werner Siemens gegründete Physikalisch-Technische Reichsanstalt, zu deren vornehmlicher Tätigkeit es gehört, die feinmechanischen Arbeiten durch Raterteilung und durch die Beurteilung ihrer Erzeugnisse sowie durch die Schaffung von Normalien in weitestgehender Weise zu unterstützen. Wenn es sich auch schon damals nicht als zweckmäßig erwiesen hatte, Werkstätten der hier in Betracht kommenden Art mit Vorteil für ihre Leistung in Staatsbetrieb zu übernehmen, so ist doch durch die Gründung der genannten Anstalt allen feinmechanischen Arbeiten eine große Förderung zuteil geworden. In ähnlichem Sinne dienen auch den feinmechanischen Leistungen die in einigen Städten gegründeten Schulen für junge Mechaniker und Uhrmacher, wenn diese ihre Zöglinge auch nach verschiedenen Prinzipien heranzubilden. Es würden in dieser Richtung zu nennen sein: die Abteilung für Feinmechaniker bei der Berliner Gewerbeschule, die Fachschule für Feinmechanik in Göttingen und die Uhrmacherschulen in Glashütte und Schweningen.

Wir haben uns bisher für den Zeitraum des letzten Jahrhunderts fast ausschließ-

lich mit den Leistungen deutscher Mechaniker beschäftigt; es muß aber auch noch kurz die oben angedeutete zweite Richtung ihrer Entwicklung in Betracht gezogen werden.

Wie in Deutschland, sind auch in England die oben schon genannten bedeutenden Werkstätten von Troughton & Simms und von Dollond fast bis auf den heutigen Tag in den Händen der Nachkommen ihrer Gründer geblieben, die erstere hat einen großen Teil der englischen Sternwarten und die der Kolonien mit ihren Instrumenten versorgt, und für das ausgedehnte Vermessungswesen des englischen Reiches hat sie fast ausschließlich die Instrumente geliefert. Es ist aber merkwürdig, zu sehen, wie wenig sie imstande war, sich von den alten Formen zu trennen und zu dem leichteren und gefälligeren Bau von Reichenbach und seiner Nachfolger überzugehen. Die Dollondsche Werkstätte, die durch die Herstellung der ersten achromatischen Objektive Bahnbrechendes auf dem Gebiete der Optik leistete, ist ihrer Tradition treugeblieben. Später sind zu diesen Werkstätten hinzugekommen auf dem Gebiete astronomischer Meßinstrumente die Werkstätten von P. Jones, T. C. Robinson und weiterhin noch die bedeutenderen von Ransome & May und diejenige von Cooke & Sons, von denen die erstere das große Altazimut und die konstruktiven Teile des Greenwicher und des Kap-Meridiankreises lieferten, während die zweite sich besonders durch den Bau von Refraktoren mittlerer Größe mit vielfach neuen Einrichtungen für die parallaktische Bewegung hervorgetan hat.

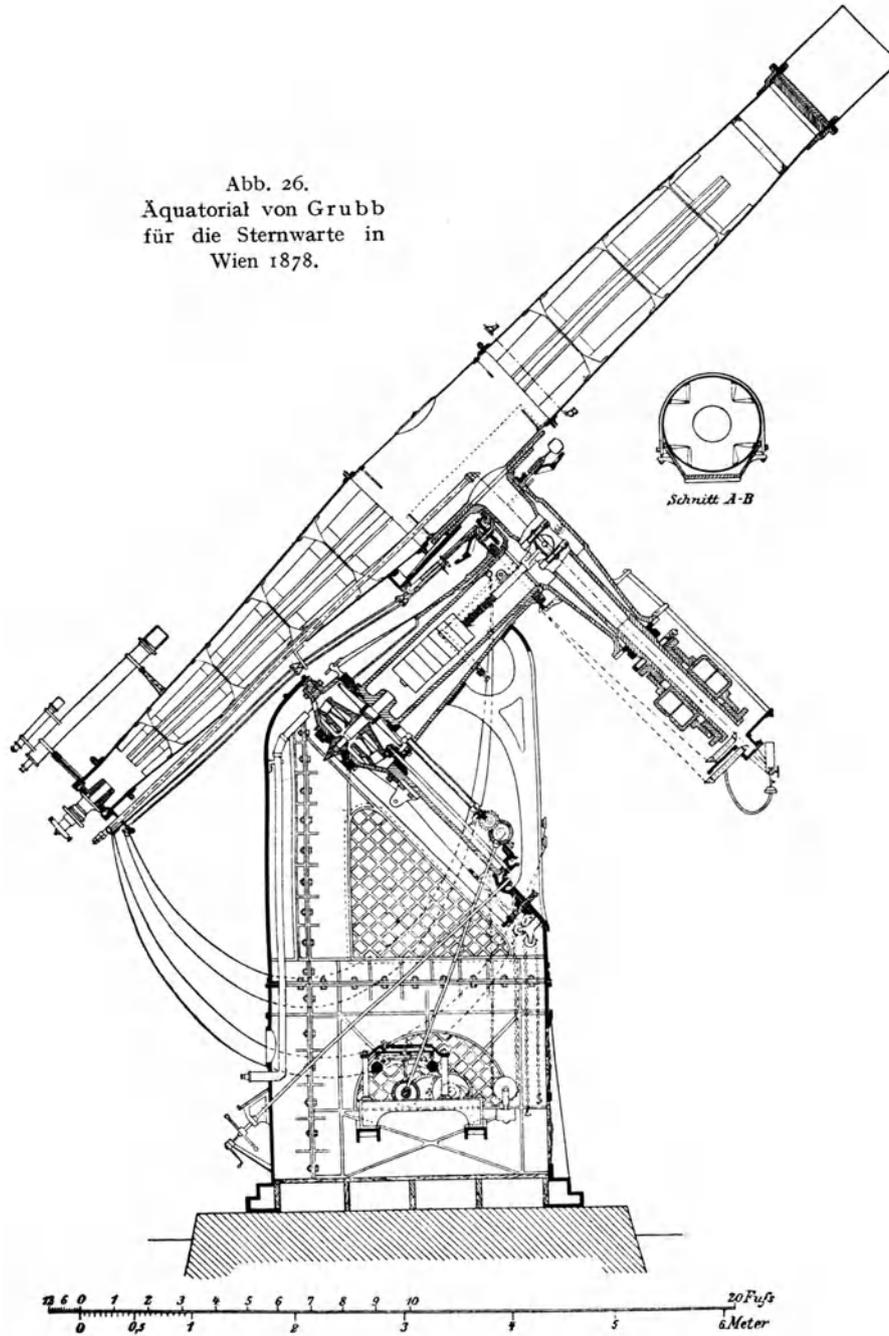
Die 1840 von Th. Grubb gegründete Werkstätte hat sich zunächst mit dem Bau von Refraktoren für die Sternwarte von Huggins, für die Oxforder und Melbournier Observatorien beschäftigt, ist aber erst unter dem Sohn des Gründers, Howard Grubb, an die Herstellung ganz großer Instrumente herangetreten, zu denen vor allem der große Melbournier Reflektor und das große Wiener Äquatorial (Abb. 26) gehören. Auch einige Meridiankreise hat Grubb gebaut.

Diese großen englischen Instrumente zeichnen sich besonders durch die Beherrschung der bedeutenden zu bewegenden Massen aus, zu deren Bewältigung nicht nur, soweit es sich um die Instrumente selbst handelt, sondern auch um deren Aufstellungsräume sehr erhebliche maschinelle Einrichtungen nötig waren. Um die Förderung auf anderem Gebiete der Feinmechanik, besonders auf dem der nautischen und meteorologischen Instrumente, haben sich die Werkstätten von Cassella und diejenige von Negretti & Zambra erhebliche Verdienste erworben.

Für die Vereinigten Staaten von Nordamerika, in denen das Interesse an den Naturwissenschaften etwa um die Mitte des vorigen Jahrhunderts erwachte, wurden für die Lieferung der nötigen Instrumente zunächst englische und deutsche Firmen herangezogen, bis nach Gründung der großen Vermessungsunternehmungen der Coast & Geodatic Survey für diese eine eigene Werkstätte eingerichtet wurde, deren Leitung dem deutschen Mechaniker Würdemann zufiel. Er baute vor allem die nötigen Vermessungsinstrumente und Basismeßapparate. Nach seiner Rückkehr nach Deutschland übernahm Georg N. Saegmüller die Leitung, die er bis zur Gegenwart innehat. Neben dieser Werkstätte wurden noch diejenigen von Buff & Berger und von Fauth, der mit Saegmüller in Verbindung blieb, in den 80er Jahren begründet. Auch sie beteiligten sich an den Arbeiten für die Coast & Geodatic Survey. Außerdem sind aber auch größere Instrumente, so z. B. ein Meridiankreis, zum Teil an deutsches Modell sich anlehnend, von Fauth gebaut worden.

Im Jahre 1880 wurde in Cleveland (Ohio) eine Werkstätte von Warner & Swa-

Abb. 26.
Äquatorial von Grubb
für die Sternwarte in
Wien 1878.



sey eingerichtet, die den Bau der größten bisher hergestellten Refraktoren, nämlich des der Lick-Sternwarte, dessen Objektiv 36 Zoll Durchmesser (gleich 92 cm) besitzt, und des noch größeren für die Yerkes-Sternwarte mit 40 Zoll (gleich 102 cm) Öffnung, ausgeführt hat. Die Aufstellung dieser großen Instrumente, die bei einer Länge des Fernrohres von fast 20 m es für den Beobachter nötig machen, daß er in den

verschiedenen Stellungen des Fernrohres sich in sehr verschiedenen Höhen befinden muß, wenn er an das Okular gelangen will, haben dazu geführt, die sonst gebräuchlichen großen Beobachtungsleitern und ähnliche Einrichtungen, die zum Teil mit der drehbaren Kuppel verbunden sind, dadurch zu ersetzen, daß man den Fußboden des Beobachtungsraumes durch elektrisch betriebene Aufzüge beweglich machte. Dadurch kann mit Leichtigkeit der Beobachter in allen Lagen des Fernrohres an die einzelnen Teile, besonders an das Okular des Instrumentes gelangen, ohne wegehalsige Kletterpartien unternehmen zu müssen. Außerdem sind diese Einrichtungen aber notwendig geworden, seitdem mit den Fernrohren selbst die schon oben erwähnten photographischen und spektroskopischen Apparate, die oft das Gewicht einiger Zentner besitzen, zeitweise verbunden werden müssen¹⁾ (Abb. 27). Warner & Swasey haben aber außer den großen Refraktoren auch Instrumente zu fundamentalen Bestimmungen gebaut, so den sechszölligen Meridiankreis und das fast mit einem ebenso großen Fernrohr ausgerüstete Altazimut, welches sie nach den Angaben des Professors Hartness für die Sternwarte in Washington bauten.

Die großen Objektive für das Lick-Fernrohr und für das Yerkes-Teleskop wurden von Clark & Sons geschliffen, dessen Werkstatt nach dem Tode von Alvan Clark, dem Sohne, in den Besitz von C. A. Th. Bordin und dessen Sohn übergegangen ist. Die Glasscheiben zu diesen großen Linsen wurden von Chance Brothers in Birmingham und von Feil in Paris geliefert. Nachdem Clark das Objektiv für den 26-Zöller in Washington geschliffen hatte, übernahm er auch die Herstellung der genannten noch größeren Objektive, die ihm vorzüglich gelangen, obgleich er im wesentlichen weniger nach mathematischen Vorausberechnungen als vielmehr auf Grund seiner großen Erfahrung bei ihrer Herstellung vorging. Er hat, um Ungleichmäßigkeiten in der Dichte der großen Glasscheiben für die Bildqualität unschädlich zu machen, sogar ab und zu direkte Formfehler bei der Korrektur der Linsenoberflächen wissentlich hineingebracht. Eine erschöpfende Darstellung des gegenwärtigen Standes der Feinmechanik in den Vereinigten Staaten kann hier natürlich nicht gegeben werden, sie würde auch fast nur auf Grund der Ausstellungskataloge für Chicago und St. Louis einigermaßen durchzuführen sein, da die Erzeugnisse der amerikanischen Werkstätten dieser Art nur selten nach Deutschland gelangen, denn einmal ist die Formgebung der amerikanischen Instrumente, besonders der transportablen geodätischen, meist nicht unserem Geschmacke angepaßt, und außerdem können sie in der Preislage, trotz der vielfach ganz auf maschinelle Herstellung eingerichteten Formen, nicht mit den deutschen Erzeugnissen konkurrieren.

In einem besonderen Zweige der Instrumentalmantik haben die amerikanischen Werkstätten besondere Leistungen aufzuweisen, entsprechend dem Umstande, daß dort die astronomischen Studien vielfach von Leuten betrieben werden, die in ihrem eigentlichen Berufe eine ganz andere Tätigkeit entfalten. Das ist die Herstellung möglichst kompensiöser Instrumente mit vielseitiger Benutzung oder in einer Anordnung, die sich leicht an jedem Orte aufbauen läßt. Ein interessantes Beispiel dieser Art liefert ein Observatorium, wie es von dem hervorragenden amerikanischen Ingenieur und Förderer der Astronomie, dem früheren Präsidenten der American Society of Mechanical Engineers J. Hartness gebaut wird. Die an einen Panzerturm

¹⁾ Auch bei der Einrichtung anderer Observatorien sind solche beweglichen Fußböden angebracht worden, z B. in dem Kuppelbau des Hamburger großen Refraktors von Zeiß und für den großen Refraktor der neuen Sternwarte in Babelsberg (Berlin).

gemahnende äußere Form des ganzen Observatoriums läßt Abb. 28 gut erkennen¹⁾. Der Bau birgt ein Fernrohr, welches — ähnlich dem Loewyschen Equatorial coudée — so gebaut ist, daß bei allen Bewegungen des Instruments das Okular an derselben Stelle bleibt. Der vordere Teil des Häuschens ist um die Polarachse drehbar,

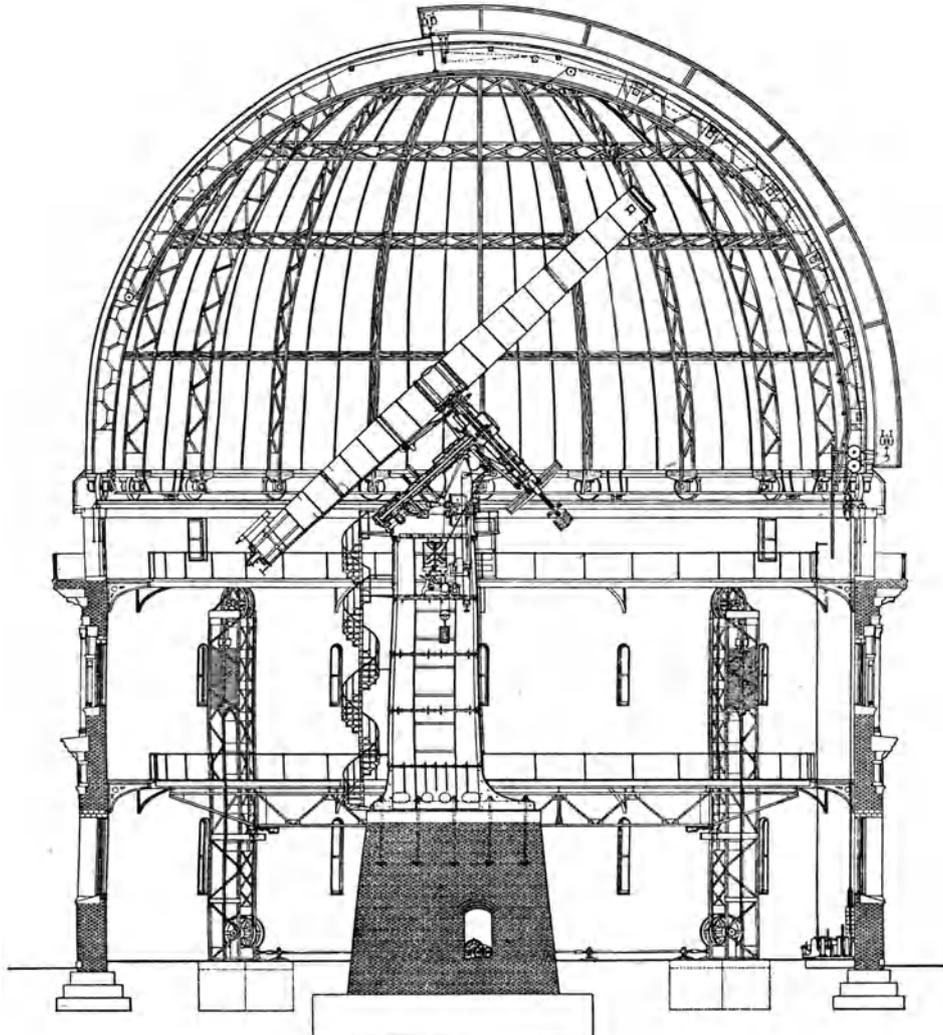


Abb. 27. Yerkes-Teleskop. Querschnitt durch Instrument und Kuppelbau läßt die Einrichtung des beweglichen Fußbodens gut erkennen. 1897.

und der Objektivteil des Fernrohres ragt aus ihm heraus, und ebenso liegt die von dem Strahlengang durchlaufene Deklinationsachse außerhalb des drehbaren Daches, sie trägt an dem dem Fernrohre abgewandten Ende das Gegengewicht für dasselbe, und dieses ist durch einen Anker mit dem Fernrohr verbunden, um Durchbiegungen zu verhüten. Im ganzen stellt die Einrichtung eine recht hübsche Ausführungsform bequemer Montierung dar.

¹⁾ Die Darstellung verdanke ich der Freundlichkeit der Leitung des Deutschen Museums, München, dem Harness eine seiner Ausführungen überwiesen hat.

Wie oben geschildert, waren mit dem Beginn der großen Gradmessungsarbeiten, die schließlich zur Feststellung des Metermaßes führten, die französischen Mechaniker an der Ausrüstung zu diesen Unternehmungen hervorragend beteiligt, und die Werkstätten, die damals führende Stellung einnahmen, standen unter der Leitung von Le Noir, Lerebours und Fortin, denen sich der jüngere Gambey zugesellte. Aus deren Werkstätten gingen auch die Vermessungsapparate hervor, welche der letzte Cassini und andere bei ihren Arbeiten gebrauchten. Daneben sind aber auch noch größere Apparate von Ramsden und Sisson aus London bezogen worden. Jacq. Dom. Cassini hatte versucht, in Verbindung mit der Pariser Sternwarte eine Werkstätte zu gründen, die der Ausbildung jüngerer Mechaniker dienen sollte; das Unternehmen gelangte aber nicht in der geplanten Weise zur Ausführung. Obgleich in der Folgezeit noch von einigen Pariser Mechanikern Instrumente sogar für Schumacher, Bessel und Struve geliefert wurden, so ist dann für einige



Abb. 28. Kleines amerikanisches Observatorium.

Jahrzehnte die Bedeutung der Pariser Werkstätten erheblich zurückgegangen, zumal fast ausschließlich Paris für die Tätigkeit der französischen Mechaniker in Frage kam, was heute noch bei der Zentralisierung der französischen wissenschaftlichen und technischen Institute der Fall ist.

In den 30er und 40er Jahren des vor. Jahrh. entstanden dann die Werkstätten von Brunner (1828) und Secretan, der 1847 in diejenige Lerebours' eintrat und sie später ganz übernahm, während die erstere von Brunners Söhnen bis zum Beginn dieses Jahrhunderts weitergeführt wurde. Die Secretansche Werkstätte ging später auf Sohn und Enkel über, und aus ihr ging als Zweiginstitut unter der Leitung von W. Eichens die später von Paul Gautier weitergeführte Werkstätte hervor. Als Optiker nahm Cauchoux um die Mitte des Jahrhunderts eine führende Stelle ein. Alle diese Werkstätten bauten sowohl geodätische als astronomische Instrumente in jeder Ausführung. So lieferten Secretan und Eichens den großen Pariser Meridiankreis, der zum Teil an den Greenwicher Kreis erinnert und der wegen seiner Größe (240 mm Öffnung bei nahezu 4 m Brennweite) nicht zum Umlegen eingerichtet wurde. Er ist heute noch in Verwendung. Auch das heute noch benutzte große Aquatorial der Pariser Sternwarte (Abb. 29) wurde in dieser Werkstätte gebaut. Als später in einigen Provinzstädten, wie Marseille, Toulouse, und in Algier Observatorien gegründet wurden, konnten die zuletzt genannten Werkstätten eine bedeutende Tätigkeit entfalten, und es gingen aus ihnen sowohl Instrumente mit fundamentaler Auf-

stellung sowie auch große Äquatoriale neuerer Konstruktion hervor. Im Jahre 1881 wurde das Observatorium in Nizza durch die Freigebigkeit des Barons von Bischoffsheim erbaut und mit den denkbar besten Instrumenten und Beobachtungsräumen ausgestattet, darunter das größte Fernrohr in Frankreich, der von Gautier montierte Refraktor mit einem Objektiv von 75 cm Öffnung, das von Henry geschliffen wurde, und ein großer Meridiankreis von Brunner.

Neben den genannten Werkstätten werden noch von einigen anderen größere und kleinere, für geodätische Zwecke bestimmte Vermessungsinstrumente ausgeführt, aber man kann kaum sagen, daß sie bemerkenswerte Neuerungen in Hinsicht auf ihre Konstruktion einführen, im Gegenteil, die Formen ihrer Instrumente sind seit einem halben Jahrhundert im wesentlichen dieselben geblieben, und sie entsprechen kaum den von deutschen und englischen Firmen eingeführten Neuerungen und werden daher auch fast ausschließlich nur von französischen Gelehrten benutzt.

Mit der Einführung des metrischen Systems machte sich die Gründung eines Instituts notwendig, welches die Überwachung der nötigen Normalien übernahm, und dieses Institut wurde mit internationaler Beteiligung in Meudon gegründet. Die äußerst sorgfältigen Messungen, welche dort zum Zwecke der Maß- und Gewichtsvergleichen und zur Untersuchung der für die Normalmaße zu benutzenden Metalle und deren Legierung regelmäßig ausgeführt werden, haben in den letzten Dezennien der französischen Feinmechanik allerdings wieder größeres Ansehen verschafft und ihr manche bedeutende Aufgabe gestellt.

Der Wettstreit in den Leistungen der Feinmechanik bei den einzelnen Nationen hat ein großes Verdienst an ihren Fortschritten gehabt. Dies zeigt sich in hervorragender Weise beim Vergleich von Erzeugnissen der feinmechanischen Werkstätten auf den großen Weltausstellungen 1893 in Chicago und noch mehr bei derjenigen von 1900 in Paris. Auf der letztgenannten Ausstellung waren es in erster Linie Deutschland und Frankreich, welche sich als fast ebenbürtige Konkurrenten gegenüberstanden. Die Erzeugnisse der deutschen Feinmechanik, die auf allen Gebieten der Wissenschaft und Technik ihre Fortschritte zur Darstellung brachten, wurden dort von den bedeutendsten Kennern und Fachmännern und besonders von den Gelehrten, die sie zu ihren Arbeiten und Versuchen bedürfen, als hervorragend bezeichnet, was sich besonders in den Wendungen zeigt, die kein Geringerer als der französische Physiker Cornu in seiner ausgezeichneten Einleitung zu dem Katalog der französischen

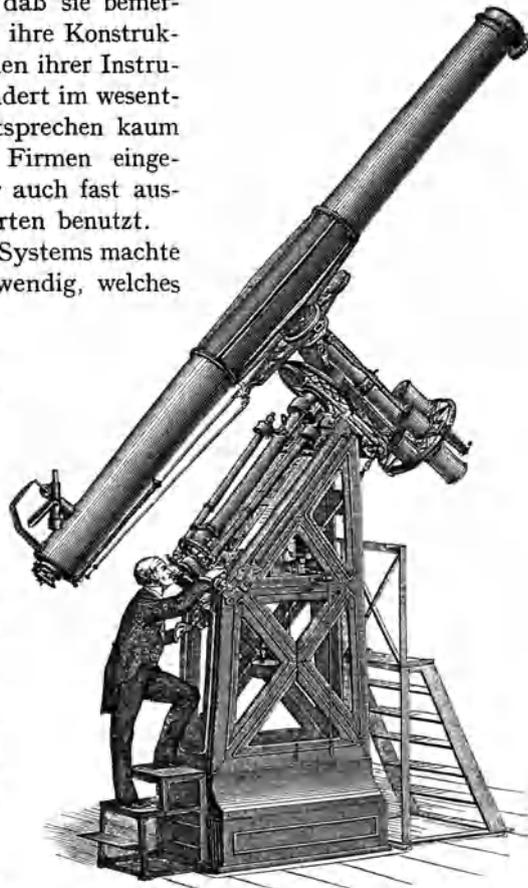


Abb. 29. Äquatorial von Secretan für Paris. 1860.

Präzisionsmechanik ausspricht. Es wird ja wohl geraume Zeit vergehen, bis die Nationen wieder so weit unbeeinflusst von den Folgen der kriegerischen Wirren der letzten Jahre Fühlung miteinander gewinnen, daß derartige friedliche Kämpfe möglich werden. Aber gerade das Gebiet der Feinmechanik wird am frühesten in der Lage sein, die Annäherung wieder zu pflegen, da es in erster Linie durch die Arbeiten der Gelehrten gestützt wird, die ihrerseits trotz vieler unschöner Vorkommnisse der letzten Jahre doch durch das gemeinsame Band, welches alle reine Wissenschaft um die Völker schlingt, wieder in gegenseitige Beziehung treten müssen und auch werden, soll die gemeinsame Kultur nicht dem vollkommensten Materialismus über kurz oder lang erliegen.

Literaturangaben.

1. L. P. E. A. Sédillot, Memoire sur les instruments astronomiques des Arabes. Paris 1841.
 2. Tycho de Brahe, Astronomiac instauratae mechanica. Nürnberg 1602 (Neudruck).
 3. Joh. Hevel, Machina coelestis. Gedani (Danzig) 1673.
 4. Jérôme de Lalande, Astronomie I—III. Paris 1792.
 5. Le Monnier, Description et usage des principaux instruments d'astronomie. Paris 1774.
 6. Cl. Ptolemaeus, *Μαθηματικὴ Συναξίς*, d. sogen. „Almagest“. — Deutsche Übersetzung: Des Cl. Ptolemaeus Handbuch d. Astronomie, übersetzt und mit Anmerkungen versehen von Karl Manitius. Leipzig 1912.
 7. A. Coester u. E. Gerland, Beschreibung der Sammlung astronom. Apparate im Museum zu Cassel. Cassel 1878. (Beschreibung d. Instr. d. Landgrafen Wilhelm v. Nassau.)
 8. W. Struve, Description de l'Observatoire de Pulkowa. St. Petersburg 1845.
 9. Ph. Carl, Repertorium der physikal. Technik. München 1864 u. f. (Gibt auch die Beschreibung vieler astronom. Instrumente.)
 10. Rud. Wolf, Handbuch der Astronomie, 2 Bde. Zürich 1890—1892. (Enthält sehr viele historische Angaben.)
 11. F. v. Zach, Monatliche Correspondenz. Gotha 1800—13. (Viele Beschreibungen u. Anmerkungen z. Gebrauch astronom. Instr.)
 12. W. Pearson, An introduction to practical astronomy. London 1824—29. Sehr schöne Abbildungen der damals in Gebrauch befindlichen Instrumente (Stahlstiche).
 13. M. J. G. F. Bohnenberger, Anleitung zu geograph. Ortsbestimmungen. Göttingen 1795. (Eine d. ersten vollständ. Beschreib. u. Anleitungen z. Gebrauch des Reflexionssextanten.)
 14. Duc de Chaulnes, Nouvelle méthode pour diviser les instruments mathématiques. Paris 1768.
 15. P. Horrebow, Basis astronomiae. Hafniae 1741.
 16. J. Ramsden, Description d'une machine pour diviser les instruments mathem. et astron. Traduite de l'anglais par M. de Lalande. Paris 1790.
- Viele Beschreibungen feinmechanischer Instrumente enthalten die Philosophical Transactions (London seit 1665) und die Schriften der Pariser Akademie (Memoirs de l'Acad. d. Sciences und d. Comptes rendus seit 1818).
17. Dr. Joh. Hartmann, Die astronom. Instrumente des Kardinals N. O. Cusanus. Abh. d. Kgl. Ges. d. Wissensch. zu Göttingen. Neue Folge Bd. X Nr. 6. Beschreibung der ältesten deutschen Meßinstrumente (1434?).
 18. Annalen der Physik, herausgegeben von L. W. Gilbert. Enthält die Beschreibung d. Reichenbachschen Teilmaschine in den Bd. 65, 67, 68 u. 69.
 19. Zeitschrift für Instrumentenkunde. Jahrgang 1880 u. f. Enthält in den ersten Jahrgängen die Studien zur Geschichte der mechan. Kunst.
 20. Astronomische Nachrichten. Altona u. Kiel 1822 u. f.
 21. Dr. Joh. Repsold, Zur Geschichte der astronomischen Meßwerkzeuge. 2 Bde. Leipzig 1908 u. 1914. — Außer sehr vielen Abbildungen auch reiches literarisches und biographisches Material.
 22. L. Ambronn, Handbuch der astronom. Instrumentenkunde, 2 Bde. Berlin 1898. Außerdem enthalten die Publikationen der größeren Sternwarten ein reiches Material zur Geschichte des Baues der astronom. und geodätischen Instrumente, ebenso die Generalberichte der mitteleuropäischen, später internationalen Erdmessung.

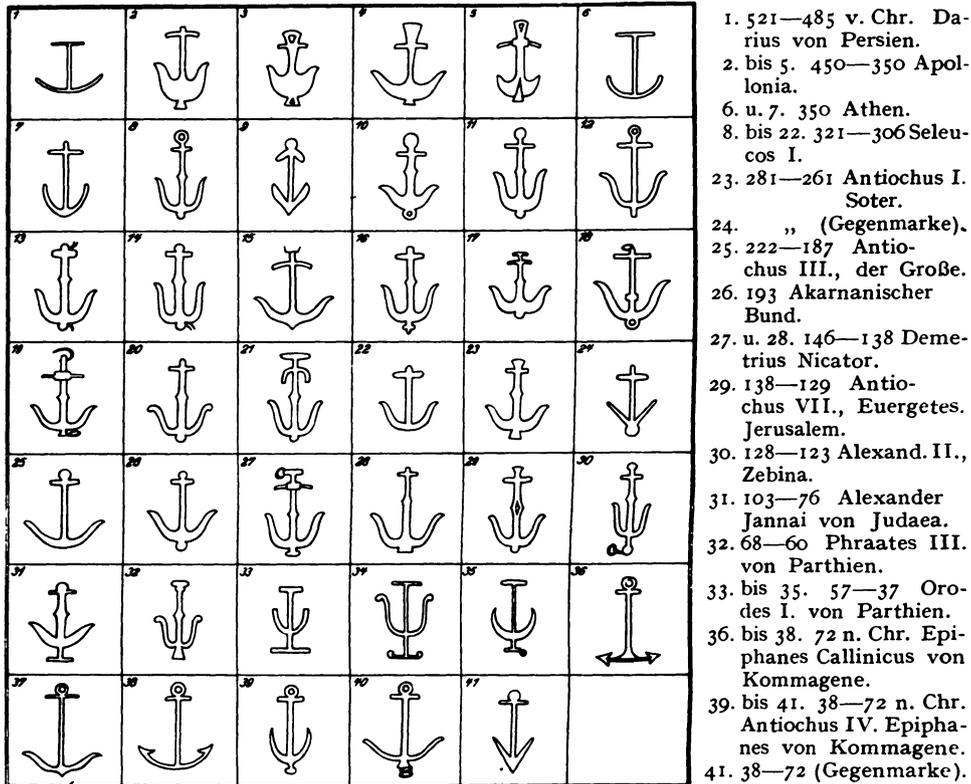
Die Entwicklung des Schiffsankers bis zum Jahre 1500 n. Chr.

Von

Dr.-Ing. F. Moll, Berlin.

Die ältesten Abbildungen, die uns die Festlegung von Schiffen im Wasser zeigen, ägyptische Wandgemälde aus dem Grabe des Königs Sahu-Ré (3300 v. Chr.) und aus Gräbern bei dem Dorfe Quret-Murrai (1600 v. Chr.), weisen keine Vorrichtungen von der Art unserer jetzigen Anker auf. Tauen, welche vom Hinterschiff zum Wasserspiegel führen, sowie runde durchlochte Steine, welche sowohl in diesen Abbildungen auf dem Deck liegen, als auch den in ägyptischen Gräbern zahlreich aufgefundenen kleinen Schiffsmodellen, sogenannten Totenschiffchen, beigegeben waren, lassen den Schluß zu, daß, wie es später Homer in der Ilias beschreibt, die Schiffe in jenen alten Zeiten durch Ankersteine festgelegt wurden, wenn man sie nicht mit Tauen an Bäumen oder Felsen am Lande festmachte oder einfach auf den Strand zog. Sehr wahrscheinlich hat man aber schon bald dem runden Stein, welcher nur durch sein Gewicht wirken konnte, eine etwas besser zum Greifen geeignete Form dadurch gegeben, daß man ihn mit starken Holzknüppeln über Kreuz zusammenband, wie es auch heute noch in Island, Norwegen und selbst in manchen Gegenden Deutschlands, z. B. Pommern, geschieht. Den heutigen Namen und die Form scheint der Anker gegen 600 v. Chr. angenommen zu haben. Vermutlich benutzte man zum Festmachen an Land schon damals einfache aus Metall angefertigte Haken. Nach Strabo (Buch VII) soll ihn ein junger Szythe Anarchasis um 580 v. Chr. durch Hinzufügung eines zweiten Hakens und des Ankerstockes zum „Anker“ in unserem Sinne umgewandelt haben. Der Name wird zum ersten Male durch den Dichter Theognis erwähnt: „Ein alter Mann und ein junges Weib taugen nicht zusammen, denn nicht halten sie ‚Gekrümmte‘ zurück, sie zerreißt die Tauen und verschafft sich bei Nacht oft einen anderen Hafen.“ Der „Gekrümmte“ *αγκυρα* ist aber unzweideutig unser Anker, und das Wort scheint schon damals zum feststehenden Begriff geworden zu sein. Aber noch vergehen fast drei Jahrhunderte, bis wir auch Abbildungen des Ankers finden, und zwar sind dies fast ausschließlich Münzbilder. Das ist insofern beachtenswert, als es zeigt, daß der Anker schon sehr früh eine Rolle im Volksempfinden und Denken gespielt hat. Es erfordert aber auch gewisse Vorsicht bei der richtigen Deutung der Bilder. Münzbilder sind damals wie heute Symbole und meist mehr oder minder stilisiert. Sie sollen eine runde Fläche harmonisch ausfüllen. Das kann der perspektivisch richtig gezeichnete Anker nicht. Heute wird auf Wappenbildern der Anker meist so gezeichnet, daß die Arme von der Seite gesehen werden und der Stock in die Ebene der Arme gedreht wird. In gleicher Weise werden, was meist übersehen wird, auch die Schaufeln gedreht. Genau dieselbe Zeichenweise finden wir nun

auf den alten Münzbildern. Die älteste ganz rohe Zeichnung zeigt einzelne Münzen des Darius von Persien und ähnlich später Münzen von Athen. Unabhängig von diesen tauchen sowohl römische wie griechische Münzen mit sehr deutlichen Ankerbildern ziemlich gleichzeitig gegen 350 v. Chr. auf, und aus derselben Zeit besitzen wir auch mehrere Überreste richtiger Anker. Schon die ältesten Anker weisen alle Konstruktionsteile der heute als Admiraltätsanker bekannten Form auf. Am Schaft sind unten zwei gerade oder gekrümmte Arme angesetzt. Oben wird der Schaft vom Stock gekreuzt. Dieser wird durch den Ankerring gekrönt,

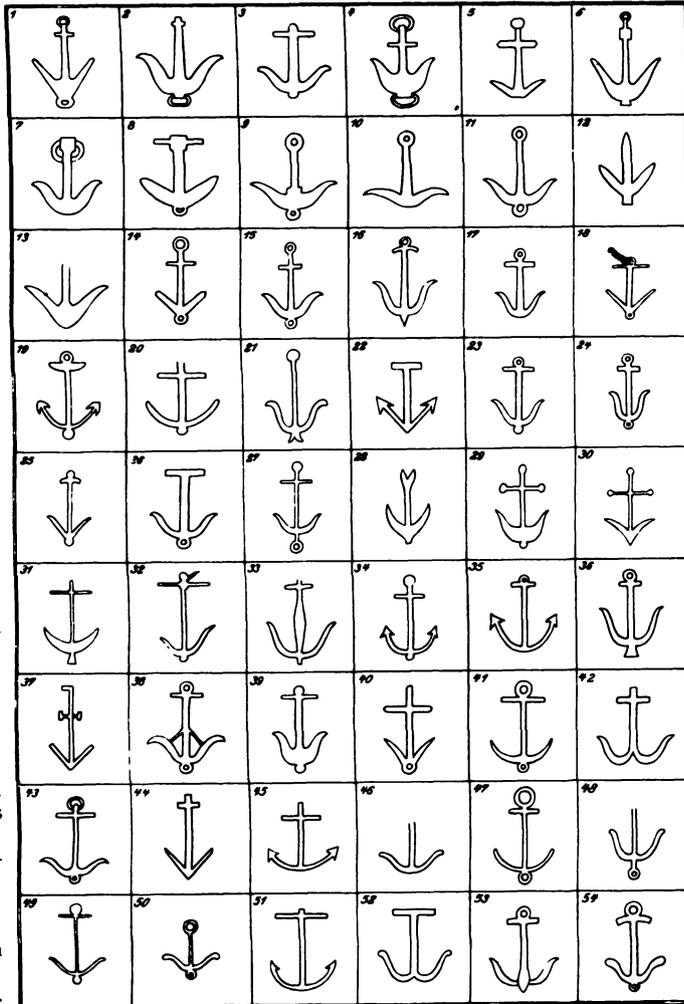


Tafel I. Griechische Münzen.

an welchem gelegentlich auch noch ein Stück des Ankertaues sichtbar wird. Am anderen Ende des Schaftes, unter den Armen, befindet sich oft ebenfalls ein Ring oder Auge, durch welches das Bojereep gezogen wurde. An diesem wurde, wenn man den Anker in See lassen mußte, eine Boje befestigt, mit deren Hilfe man ihn wieder aufsuchen konnte. Nur auf sehr wenigen Bildern fehlt der Stock ganz. Auffällig ist dies jedoch nicht, da wir wissen, daß die Anker nicht nur über Bord geworfen wurden (in welchem Falle man natürlich einen quer zu den Armen gestellten Stock haben mußte, damit einer der Arme sich in den Boden eindrücken konnte), sondern auch oft durch einen Bootsmann im flachen Wasser oder am Ufer von Hand in den Boden gedrückt oder eingegraben wurde oder endlich hinter Baumstümpfe oder Felsen gehakt wurde. Die ältesten griechischen und römischen Formen (Tafel I, Abb. 2—5, und Tafel II, Abb. 1—12) sind sich sehr ähnlich. Sie scheinen einen

gewissen Übergang vom Gewichtsanker zum Hakenanker darzustellen. Ob sie voneinander abhängig sind, kann nicht entschieden werden. Unwahrscheinlich ist es nicht, zumal die alten römischen Münzen eine Eigentümlichkeit aufweisen,

1. u. 2. 300—250 v. Chr. Dupondius v. Etrurien.
3. u. 4. 300—250 Quadrans von Tarquinij, Etrurien.
5. 280 Quadrans von Tuder in Umbrien.
6. 280 Aes rude von Latium und Campanien.
7. 280 Aes rude von Rom.
8. 280 Sextans aus Latium.
9. 280 Quadrans von Tuder in Umbrien.
10. u. 11. 280 reduzierter Quadrans von Tuder.
12. und 13. 280 Unze von Picenum und Hatria.
14. bis 16. 280 Tarent. Anker mit Eule.
17. 302—281 Tarent (Pyrrhus).
18. 272—235 Tarent (Pyrrhus).
19. ? Regium.
20. ? Arimium.
21. ? Posidonia.
22. ? Panormus, Sizilien.
23. 210 Sulpicia gens.
24. u. 25. 170 Sextus Julius Caesar.
26. 120 Pityusen-Inseln.
27. 112 C. Fontejus.
28. bis 36. 100 v. Paestum.
37. 89 Lucius Calpurnius Piso Frugi.
38. u. 39. 88 v. Chr. L. Julius Burrio.
40. ? Vasenbildnis (nach Corassini).
41. 22 n. Chr. Dertosa in Spanien.
42. 54—68 n. Chr. Nero v. Ancyra.
43. 79—81 Titus.
44. u. 45. 98—117 Trajan.
46. 117—138 Aelius Hadrianus von Nicopolis, Epirus.
47. 128—161 Antonius Pius, Angora.
48. u. 49. 139 Antonius Angora.
50. 169 Lucius Verus.
51. 175 Faustina Junior.
52. 211—217 Caracalla.
53. 250 n. Chr. Bild an einem Sarkophag zu La Gayole, Frankreich.
54. 134 n. Chr. Ebusus in Spanien.



Tafel II. Römische Münzen.

welche die griechischen bis zum Schluß bewahren, nämlich das Fehlen der Schaufeln an den Armen. Außerdem ist ja bekannt, daß besonders die Städte des Südens von Italien, wie Tarent, in enger Beziehung zu Griechenland standen. Die griechischen Münzen (Tafel I, Abb. 2—5) sind, nachdem sie bald Abydos, bald Astakus, bald Apollonia in Mysien zugewiesen waren, als solche der Stadt Apollonia Pontica fest-

gestellt worden. Sie hängen zusammen mit der Namenssage von Angora. In der Nähe der Stadt Angora in Phrygien soll nämlich der König Midas einst einen Anker gefunden haben und über ihm dem Zeus einen Tempel erbaut haben. Dort will noch im Jahre 4 n. Chr. der griechische Reisende Pausanias den Anker gesehen haben. Von diesem Orte wanderte die Sage später auch nach Angora in Galatien. Durch den Kaiser Nero wurde jedenfalls auch dieser Stadt der Anker als Münzzeichen bestätigt (Tafel II, Abb. 42). Auffälligerweise sind beide, Angora wie auch Apollonia, Binnenstädte. Isidorus, Bischof von Spanien, schreibt über die Ableitung des Namens: „Anchora dens ferreus ex graeca etymologia nomen ducit, quod quasi hominis manus comprehendat vel scopulos velarenas. Nam manus graece dicitur *χώρα* apud graecas autem aspirationem non habet: nam *αγκυρα* dicitur.“ Wahrscheinlich ist die Ankersage der Stadt Angora durch die Ähnlichkeit des Stadtnamens mit dem Wort veranlaßt.

Diesen ältesten Münzabbildungen scheinen die aufgefundenen Ankerüberreste am nächsten zu stehen. In Tafel IV sind drei verschiedene Funde und zwar aus dem Museum zu Athen (nach einer Zeichnung von Herrn San.-Rat Dr. Assmann), aus dem Museum zu Marseille (gefunden in der Nähe dieser Stadt) und aus dem British Museum zu London (gefunden bei Cyrene) abgebildet. Die Stücke wiegen 300—600 kg. Magon deutet diese aus Blei gegossenen Stücke als Ankerstock. Die Krümmung in den Stücken aus Cyrene macht es aber wahrscheinlicher, daß wir in ihnen die Arme vor uns sehen. Die Öffnung nahm den sehr starken Schaft auf und am oberen Ende des Schaftes haben wir uns dann den zu den Armen senkrecht stehenden und aus Holz oder aus einer ähnlichen Bleimasse bestehenden Stock zu denken. Die Arme wurden vielleicht einzeln hergestellt und dann über dem Schaft, etwa durch Zusammenschmelzen, miteinander vereinigt. Diese Fundstücke geben uns eine gute Deutung der sonst etwas dunklen Stelle des Diodorus Siculus: „Und so weit trieben die (nach Spanien fahrenden phönizischen) Kaufleute ihre Habgier, daß sie, wenn trotz völliger Überladung ihrer Fahrzeuge immer noch Silber in Vorrat war, sie das Blei an den Ankern wegschlugen und Silber den Dienst des Bleies tun ließen.“

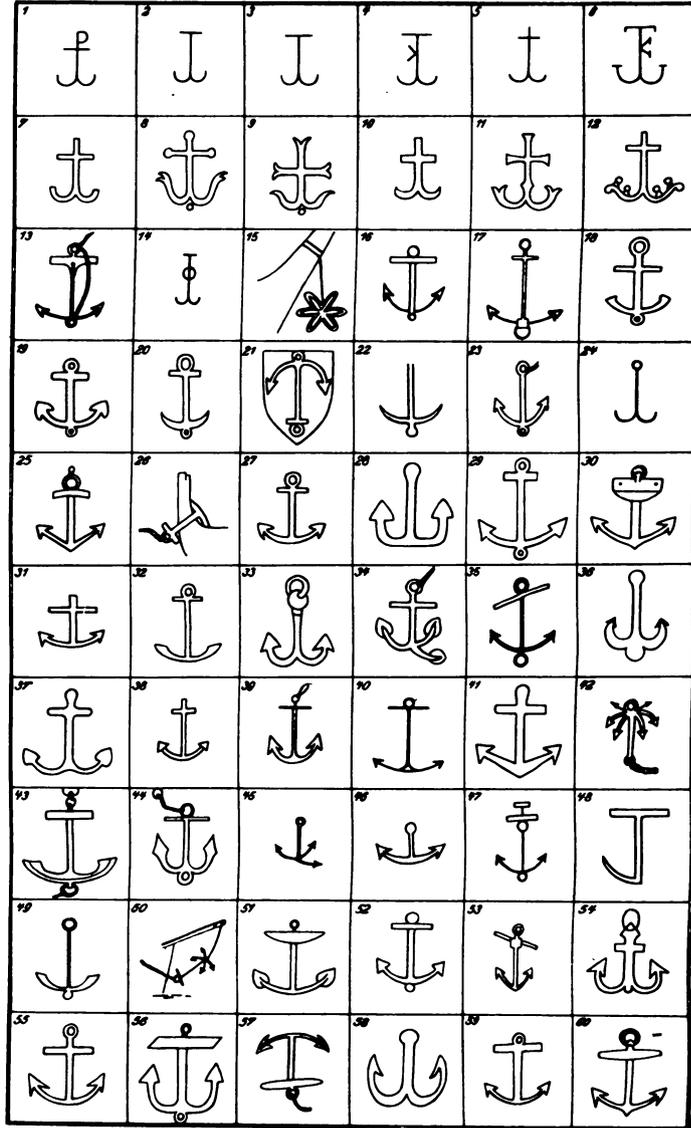
Anscheinend unabhängig von jenen ältesten Darstellungen hat sich der Anker zum Wahrzeichen der Seleuciden ausgebildet. Solche Zeichen vererben sich, wie dieses Beispiel zeigt, mit allen Eigentümlichkeiten oft jahrhundertlang. Schon zu Lebzeiten Alexanders des Großen, nach dem Tode des persischen Satrapen Mazaios (328 v. Chr.) fingen die Generale Alexanders an, eigene Münzzeichen zu führen. Die von Seleucos geprägten Münzen zeigen etwa seit 321 v. Chr. den Anker. Nach Appianus soll das darauf beruhen, daß die Mutter des Seleucos vor seiner Geburt geträumt habe, Apollo sei ihr erschienen und habe ihr einen Ring mit Anker geschenkt. Tatsächlich habe man am anderen Morgen den Ring in ihrem Gemach gefunden und das Kind habe bei der Geburt auf dem Schenkel einen Anker als Muttermal gehabt. Von Seleucos übernehmen den Anker zunächst alle seine unmittelbaren Nachfolger. Aber auch die Partherkönige führen ihn, seitdem Phraates II. eine Enkelin des Seleucos geheiratet hatte, ebenso die Könige von Kommagene, Callinicus u. a. auf Grund angeblicher Abstammung, ferner als Nachahmung der Judenfürst Alexander Jannai und Alexander von Agypten (91 n. Chr.) und endlich als Zeichen zeitweiliger Abhängigkeit der akarnanische Bund, die Stadt Aradus, Münzen des Keneskira von Elymais (Lehnsmann des Orodes von Parthien), und andere.

Mit ganz wenigen Ausnahmen (die Tafel I gibt nur einen kleinen Teil der nach Hunderten zählenden verschiedenen Bilder) zeigen alle „griechischen“ Münzen einen ganz ausgesprochenen Typ: kurzen Stock, leierförmige Arme ohne Schaufeln, oben und unten am Schaft einen Ring, oft nur durch eine Verlängerung angedeutet. Ein Teil hat dazu noch eine eigenartige Verdickung in der Mitte des Schaftes. Alles in allem macht der „Seleucidenanker“ viel mehr den Eindruck eines Wappenzierates als den eines Abbildes eines richtigen Ankers, welcher an der Küste entstanden ist. Umgekehrt scheinen dagegen die römischen Münzmeister richtige Anker zum Vorbild gehabt zu haben. Unabhängig von den alten Schwergeldstücken aus Etrurien und Campanien taucht der Anker seit dem Jahre 200 v. Chr. immer häufiger als Münzbild auf und gleich in einer Form, welche dem Admiralitätsanker schon sehr nahe kommt. In mehreren Fällen steht er zweifellos in engen Beziehungen zu Ereignissen auf der See. Die Geschlechter der Julier, Mussidier, Sulpicier und Pompejus führen ihn seit ihren Seesiegen. Während wir uns daran gewöhnt haben, den Anker als Sinnbild der Hoffnung zu betrachten, wird er im alten Rom zunächst der Annona, der Göttin des Kornreichtums, zugewiesen. Da das Korn aus Sizilien und Afrika kam, ist das sehr verständlich. Dann finden wir ihn auch neben der Iätitia (Freude), Salus (Gesundheit) und endlich auch mehrfach neben Meer- und Flußgöttern. In der Zeit von 200 v. Chr. bis 200 n. Chr., für welche Abbildungen in der Tafel II vereinigt sind, ist im Grunde kaum eine Fortentwicklung der Form zu beobachten. Die uns heute geläufige Form findet sich schon bei den ersten Beispielen aus dieser Zeit, etwa bei Abb. 19.

Eine reiche Fülle von Ankerdarstellungen findet sich an den Wänden der Katakomben zu Rom, die meisten davon in der Katakombe unter dem Kirchhof Callisto. Sie stammen aus den Jahren 100 bis 250 n. Chr., sind also mit den römischen Kaiser Münzen gleichzeitig, wie denn auch die Formen sich oft mit denen der Münzbilder decken. Der Anker ist zweifellos altchristliches Symbol und findet sich als solches zwischen der Taube mit dem Ölweig und dem X . Seine Anwendung verdankt er sehr wahrscheinlich wie manche anderen Gegenstände der Ähnlichkeit mit einem Kreuz. Die Beziehung wird noch deutlicher, wo wie Abb. 5 und 28, Tafel V, die Arme als ω gedeutet sind. Daß der Anker im besonderen zum Symbol der christlichen Hoffnung wurde, geht aus Beischriften hervor wie: „Spes in Christo.“ Wir haben hier mithin eine sehr bemerkenswerte Gelegenheit, das Werden eines Sinnbildes beobachten zu können. (Rossi, Roma Sotterranea christiana, Text und Tafeln.)

Über die Ausrüstung mit Ankern und deren Unterbringung an Bord läßt sich folgendes sagen: Die Staatsflotten, wie die athenische zur Zeit der Perserkriege, wurden in ähnlicher Weise verwaltet, wie unsere heutigen Kriegsflotten. In den Magazinen wurden sämtliche Ausrüstungsstücke für die Schiffe bereit gehalten. In den „Attischen Seerkunden“, Steintafeln aus den Jahren 370 bis 350 v. Chr., welche auf der Staatswerft zu Athen aufgestellt waren, werden als Lagerbestand für die Flotte, die etwa 300 Trieren zählte, zwei Sätze von je 337 eisernen Ankern im Gewicht von 20 bis 25 kg ausgewiesen. Größere Schiffe erhielten auch noch Reserveanker aus Holz und aus Eisen. Die Anker wurden auf dem Vorschiff verstaut und mit Hilfe eines Kranbalkens ausgeworfen und eingeholt. Die Ankertaue liefen (vgl. die Gesänge Pindars) durch Klüsen, welche in der Bordwand angebracht waren. Ketten für die Anker waren so ungewöhnlich, daß die alten Schriftsteller ihre Anwendung als etwas ganz Besonderes überliefern. So schreiben Strabo und Cäsar, daß die Veneter Ketten statt Tauen nahmen (Erdbeschreibung IV/4 und

Cäsar, de bello gallico 3, 13). Als Alexander der Große bei der Belagerung von Tyrus den Hafen durch Schiffe sperrte, mußte er sie mittels Ketten verankern, da tyrische Taucher unter Wasser die Ankertaue durchschnitten. Den Bericht der Apostelgeschichte über den Schiffbruch Pauli und die Bücher des Plinius kann ich übergehen, da sie nichts wesentlich Neues bringen. Daß (im Gegensatz zu einer früheren Äußerung von mir) der Anker auch dem Altertum des Ostens nicht fremd war, zeigt eine interessante Stelle aus der gegen 200 n. Chr. entstandenen buddhistischen Schrift: „Die Fragen des Königs Milinda.“ (Buch VII, 2, 16.)¹⁾ Der König fragt: „O erhabener Nagasena, welche zwei Eigenschaften des Ankers muß der Bikshu (Bettelmönch) haben?“ — „Gerade, o König, wie der Anker selbst in der mächtigen See, im Andrange der Wasser und bewegt durch die Häufung immer wechselnder Wogen, doch das Schiff hält, und nicht gestattet, daß sie das Schiff in der einen oder anderen Richtung fortbewegen, so o König, sollte der wahre Bikshu ernst in seinem Streben sein Sinnen fest im mächtigen Kampf der



Tafel III. Ankerbilder aus dem Mittelalter.
(Erklärungen hierzu nebenstehend.)

Gedanken halten, in den Wassern der Wogen der Lust, des Übels und Leides, und die Gedanken nicht in einer oder der anderen Richtung schweifen lassen. Dies, o König, ist die erste Eigenschaft des Ankers, die ein wahrer Bikshu haben sollte. Und wieder,

¹⁾ Übrigens verbirgt sich unter „Milinda“ ein griechischer Heerführer, dessen Name griechisch etwa Menander hieß.

o König, wie der Anker nicht treibt, sondern niedersinkt und selbst in Wasser von 100 Fuß Tiefe das Schiff hält, es zur Ruhe bringt, so, o König, sollte der wahre Bikshu, ernst in seinem Streben, wenn er Almosen erhält und Ehre und Verehrung und Achtungserweisung und Opfer und Preis, sich nicht überheben, sondern sein Sinnen

Erklärungen zu nebenstehender Tafel III.

(M = Münze, S = Siegel, W = Wasserzeichen, Min = Miniatur.)

1	610—641	M	Heraklius von Byzanz.	33	1428	W	Nr. 425 (Mailand, Brüssel, Lübeck, Cöln).
2	633	M	„ „ „				
3	641—668	M	Constans „ „	34	1430	Min	Handschrift des Rudolf von Ems in München.
4	„	M	„ „ „				
5	659	M	„ „ „	35	1450	Min	Chronik von Jerusalem (Wien).
6	662	M	„ „ „				
7	500—700	M	Merovinger.	36	1408	W	Nr. 351.
8	1085—1111	M	Ruggiero Borsa von Apulien.	37	1453	W	Nr. 432.
				38	1470	S	Admiral von Bourbon.
9	1130—54	M	Roger von Sizilien.	39	1460	S	Louis von Bourbon.
10	1149—66	M	Wilhelm von Messina.	40	1460		Kommentar zu Caesar (nach Roncière).
11	„	M	„ „ „				
12	„	M	„ „ „	41	1469	W	Nr. 434.
13	1250	Min	Apolacalypse of St. John (St. Alban).	42	1470		} Holzschnitt des Meister W. √ Flotte Karls des Kühnen.
				43	1470		
14	1254	M	Theodor II. von Nizza.	44			} Holzschnitt des Meister W. √ (nach Roncière).
15	1222	Min	arabische Dioskorideshandschrift.	45	1485		
				46	1485		
16	1275	S	Stadt Munikendam.	47	1480	Min	Histoire de Charles Martell.
17	„	S	„ „	48	1490		Modell des Hansaschiffes „Die goldene Sonne“ in Marienburg.
18	1279	S	„ Pampelona.				
19	1300	M	Erik Klipping von Dänemark.	49	1491		} Zeichnungen aus d. „Schatzbehälter“ des Koberger (Münchener Handschrift). nach Lopez de Mendonça, Estudios.
20	1335	S	Stadt St. Sebastian.	50	1491		
21	1340	S	Wedstain (Wappenbuch von Zürich).	51	1491		
				52	1496		
22	1342	Min	Chronik des Froissart, Schlacht bei Guernsey.	53	1500		Stich von Holbein.
23	1350	Min	„ „ „	54	1505	W	Nr. 440.
24	1350		Freske des Giotto.	55	1512		„La Cordelière“ (nach Roncière).
25	1350	S	Stadt Boston.				
26	1350	Min	Matthaeus von Paris.	56	1520	S	Bayhard (Wappenhandschrift im „Herold“).
27	1375	S	Stadt Poole.				
28	1376	W	Briquet Nr. 345.	57	1550	Min	Petrarca. Handschrift (Varnhagen).
29	1380	S	Reipoltskirchen (Wappenbuch Sefken).	58	1526	W	Nr. 574.
30	1409		Holzschnitt im Stadtmuseum zu Basel.	59	1587		Holzschnitt im Stadtmuseum in Basel.
31	1417	S	Sir John Holland, Admiral.	60	1590		Bild von Breughel (nach Paris).
32	1430	S	Earl of Exeter.				

nur darauf gerichtet halten, seinen Leib nur gerade am Leben zu erhalten. Dies, o König, ist die zweite Eigenschaft des Ankers, die er haben sollte. Denn, o König, es ist gesagt durch Saraputta den älteren, den Fürsten der Gläubigen:

Wie der Anker nicht treibt, sondern niedersinkt in den Wogen,

So sei er niedrig gesinnt, nicht überhebend durch Lob und Gaben!“

Wir kommen nun zu einer Reihe eigenartiger Münzbilder, welche in den Abb. 1 bis 12 und 14 der Tafel III dargestellt sind. Sie finden sich am zahlreichsten auf

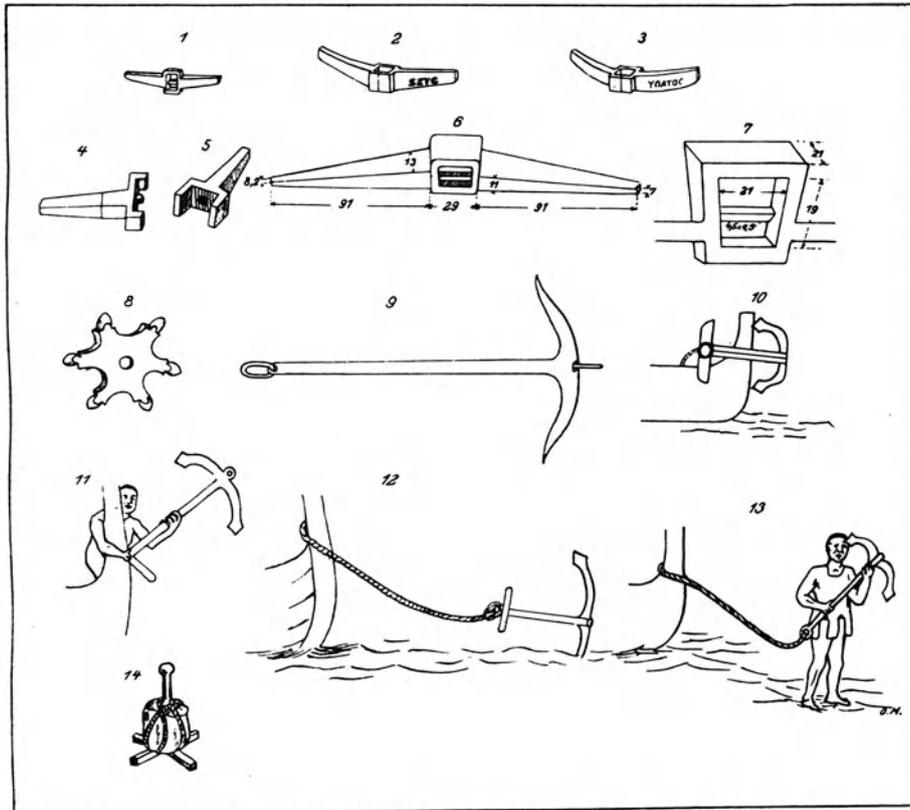
den Münzen der Merovinger und Byzantiner, dann später auch auf Münzen von Normannenfürsten aus Sizilien und Unteritalien. Sie sind mitunter Ankern täuschend ähnlich und werden auch in Münzwerken als solche bezeichnet und sind doch keine Ankerbilder. Diese Zeichen sind nämlich entstanden aus den christlichen Symbolen \oplus mit Alpha und Omega. Das Alpha fehlt allerdings meist oder ist höhergerückt, so daß das eigentliche Münzbild dann diese Form annimmt \oplus^+ , woraus dann \ominus geworden ist. Die Byzantiner ergänzen dieses Zeichen dann noch weiter durch k oder p und andere Buchstaben.

Wir müssen nun einen Sprung nach den nördlichen Meeren machen, um wieder originale Mitteilungen über den Anker zu erhalten, Mitteilungen, welche nicht wie die des Hesychius lexikographische Auszüge aus griechischen und römischen Schriftstellern sind. Während die mittelalterlichen Chronisten der Mittelmeerlande den Anker kaum erwähnen und auch Abbildungen von dort sehr spärlich sind, sind die nordischen Chroniken und besonders die isländischen und norwegischen Sagas voll von Berichten über Seefahrten und Seekämpfe, und der Anker ist ein Gegenstand des täglichen Gebrauches, der auch bei Mann und Weib und Kind zur Ausschmückung der Rede dient.

Während in längst vergangenen Zeiten die Schiffe überall auf den Strand gezogen wurden und infolgedessen die Mitnahme von Ankern nicht unbedingt nötig war, sind die Schiffe zur Zeit der Sagas schon so groß geworden, daß man sie nur noch nach der alljährlichen Außerdienstsetzung zu Beginn des Winters auf Land schleppt und dort mit Landfesten, Tauen, festlegt oder sie in Schuppen unterbringt. Die „Langschiffe“ und die Handelsschiffe bleiben in der Fahrzeit immer im Wasser und der Anker wird damit zum notwendigen Ausrüstungsstück. Noch ist der Ankerstein gut bekannt, und das Museum zu Kopenhagen bewahrt sogar einen kunstvoll ausgehauenen Stein von etwa einem halben Meter Durchmesser auf, welcher mit ziemlicher Bestimmtheit als Prunkanker gedeutet wird (Tafel IV, Abb. 8). Beachtenswert ist übrigens zum Vergleich das Ankerbild einer persischen Handschrift des Jahres 1232 (Tafel III, Abb. 15). In der Saga vom Skalden Egil (gegen 870 n. Chr.) heißt es: Skallagrim stieß einen Achtruderer ins Meer und ruderte nach den Mittelfjordinseln und ließ dort vom Steven des Schiffes den Ankerstein fallen. Im Altnordischen heißt der Stein „ili“, auf den Farör „ilasteinur“. Zur selben Zeit wird aber auch der Eisenanker als allgemein bekannt vorausgesetzt. (Beowulflied, gegen 700 n. Chr., Hallfroedr-Saga.) Neben dem einheimischen Wort „grunnföri“ taucht immer häufiger das fremde Wort „Anker“ auf. Im Altnordischen heißt es „akheri“, im Altschwedischen „akhaeri“, und „ankare“, im Altdänischen „akkaræ“, im Angelsächsischen „ancor“, im Althochdeutschen des Herzogs Ernst „anchern“ und „einchir“. Da aber eiserne Anker vom Magnetberg angezogen werden und dadurch das Schiff ins Unglück stürzen können, so lassen die Helden des Kudrunliedes, als sie nach Indien fahren, ihre Anker aus Glockenspeise machen und an seidene Tauen binden: „Ihre Anker waren von Eisen nicht geschlagen, von Glockenspeise gegossen.“ Übrigens vergleicht auch Herzog Ernst wie Isidorus den Anker mit den Zähnen: „Item die anchern, das sind eisnen zen, oder pfähl, darmit man das Schiff helt in meres nöten.“

Der leider verlorene Anker des Wikingschiffes von Nydamsmoor und der heute im Museum zu Christiania befindliche prachtvoll erhaltene Anker des Osebergschiffes und der Gockstadschiffsanker sind jedenfalls aus Eisen geschmiedet worden und haben bis auf das Fehlen der Schaufeln Form und Abmessungsverhält-

nisse wie unsere heutigen Anker. Für das Gockstadschiff und das Osebergschiff wird die Zeit um 900 n. Chr. als Bauzeit angegeben; für das Nydamsmoorboot 300 n. Chr. Der Oseberganker wiegt etwa 10 kg. Zu diesen Stücken muß man noch die schönen Darstellungen des Teppichs von Bayeux stellen. Als Einzelteile des



Tafel IV, Ankerüberreste.

1. bis 3. nach Torr, Ancient ships, griechischer Anker im British Museum, London.
4. und 5. Griechischer Anker im Museum zu Athen, nach einer Zeichnung von Geh. San.-Rat Dr. Aßmann.
6. und 7. Griechischer Anker im Museum zu Marseille (nach Revue archéologique).
8. Steinanker im Museum zu Kopenhagen.
9. Eisenanker vom Oseberg-Schiff.
10. bis 13. Abbildungen auf der Tapete von Bayeux.
14. Steinanker mit Holzkreuz aus der Jetztzeit.

Ankers erkennen wir den hölzernen Stock (auch bei dem Nydam- und Oseberganker teilweise erhalten) „stokkr“, den Schaft „leggr“, die Arme „fleinn“, den Ring „hringr“, das Ankerkreuz „hnakki“ = Nacken, den Ring bzw. Auge mit dem Bojereep „hnackkmidi“ oder „hnackband“. Diese letztere konnte auch dazu dienen, den Anker aus dem Boden zu brechen (Olav-Trygvison-Saga). Zum vollständigen Ankergerät gehörte weiter ein gutes Suchgeschirr (soknir gotar, Konungssaga), für den Fall, daß das Ankertau riß. Das Ankertau hieß strengr (Strang), seltener tog oder lina (Leine, Flateyarbögr). Das Ankertau wurde um ein Knie

(etwa den Vorstevn?) gewunden, aber auch das Spill (katlunnin) und die Ankerwinde (vinda upp akkeri, Flateyarb) scheint bekannt zu sein.

Der Anker diente an Bord verschiedenen Zwecken. Auf der Tapete von Bayeux sehen wir, wie Bootsleute die Anker austragen und im flachen Wasser in den Boden eindrücken. Weiter draußen mußte man den Anker fallen lassen (kasta, fella akkeri). „Wir lassen den Anker des Schiffes Halt nehmen in Godnar-Firth, während Frau Gerd ihren Gatten zu Hause kost“ (Lausa visor des Königs Harold Sigrudson). — Thiodwolslied: „Ich gebe eine Prophezeiung: einen zweiten Sommer wird Kalt-nase (der Anker) die Barke mit seinen Schaufeln noch weiter südlich halten.“ — „Die dänischen Mädchen machen Ankerringe von Hefekäse (Zauber), aber das ärgert den König nicht. Aber heut früh möge manche Maid sehen, wie die ungeheuren Eisenschaufeln des Königs Schiff halten und dann wird keine mehr lachen.“ Endlich noch des König Heidrecks Rätsel: Wodan fragt: „Wer ist jener Dicke, welcher in der Tiefe bindet, sich mit seiner einen Hälfte nach Hel wendend? Er rettet das Volk, aber er ringt gegen die Erde. Rate mir mein Rätsel, o König Heidreck!“ — „Das ist der Anker!“

Nicht minder wichtig war der Anker als Waffe, nämlich als Enterhaken. In einer Handschrift des Matthäus von Paris sieht man, wie der Anker hinter den Vorstevn des feindlichen Schiffes gefaßt hat. Als Richard Löwenherz nach dem Heiligen Lande fuhr, wurden seine Schiffe ausgerüstet mit 30 Rudern, 2 Segeln und 13 Anker, denn diese wurden, wie Richard von Devizes schreibt, auf des Feindes Schiff geworfen. Auch Vinesauf, der Chronist der Kreuzzüge, erwähnt dieses Verfahren. Bei der Belagerung Akkons warfen die Christen große Anker gegen den feindlichen Turm. Sehr anschaulich schildert der weise Njal den Kampf des Kolskegg (1280 n. Chr., Njals-Saga): „Kolskegg griff einen Anker und warf ihn auf Karles Schiff. Die eine Zacke kam in den Bord und drang hindurch. Da stürzte die See kohlschwarz hinein.“

Mit diesem Gebrauch als Waffe hing jedenfalls die große Zahl von Ankern zusammen, welche auf Kriegsschiffen mitgeführt wurde (Richard Löwenherz). Als ein Vorratsschiff des Königs von Schottland (nach Torfaeus) sich während eines Sturmes losgerissen hatte und gegen des Königs Schiff trieb und sich dort im Ankerkabel verfang, ließ der König die Tauen kappen und die Anker schlippen. Das Vorratsschiff kommt frei und wird gegen die Küste getrieben, während vom Königsschiff neue Anker ausgegeben werden. Fünf Anker sind wirkungslos gegen den Sturm, und selbst der Bestanker vermag das Schiff nicht zu halten. Endlich als acht Anker draußen sind, hört das Treiben auf. Der „Account of the expense of building a galley called „La Philippe at Lynn“ vom Jahre 1336 gibt für dieses Schiff eine Ausrüstung von einem großen Anker im Gewicht von 1100¹/₂ Pfund aus spanischem Eisen und fünf kleinen Ankern, die alle zusammen 23 Pfund, 10 Schilling 3 d kosten. Die Ankerstöcke für die beiden Anker des Schiffes „George“ (1345) kosten 8 Schilling.

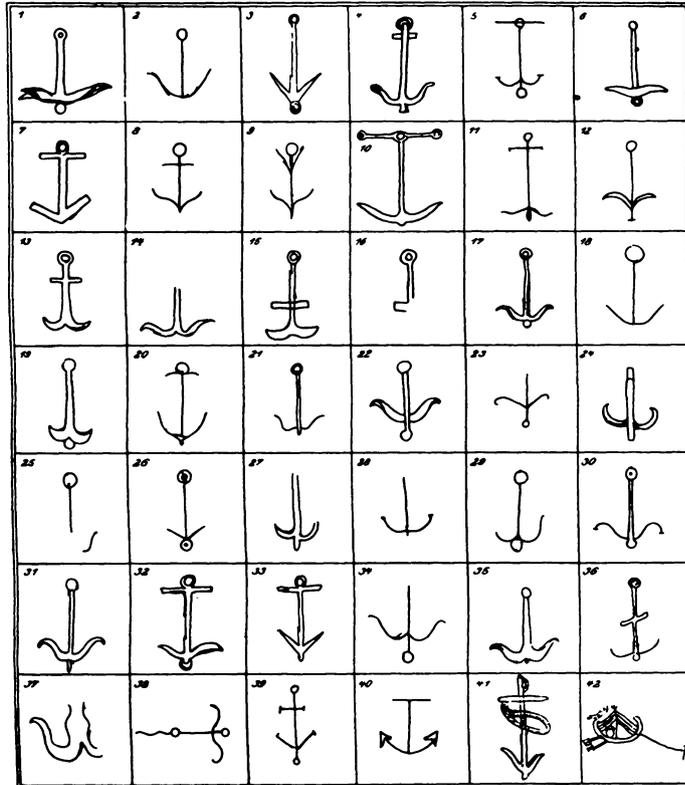
Auch auf dem „Kristodin“ des Königs Hakon Hakonarsson (1217—63) waren acht Anker, von denen einer als Bestanker bezeichnet wird (Fornm. Sögur X, 136).

Die Abmessungen der Anker gehen sehr gut aus den Abbildungen der Tapete von Bayeux hervor. Die Schaftlänge der Anker betrug etwa halbe Mannslänge. Auch der Oseberganker entspricht dem mit 1,2 m Länge. Etwas länger, nämlich 7 Fuß, sind die Anker der Galeeren des Königs John von England, welche im Dezember 1213 zu Portsmouth, 30 an der Zahl, verkauft wurden (Rotuli clausi). Als Ausnahme wird der Anker „Langbein“ des Königs Olaf bezeichnet, welcher so

schwer war, daß die Hanseaten ihn nicht heben konnten. Auch der Gockstadanker scheint nach der Größe des erhaltenen Stockes, 2,7 m, ungewöhnlich groß gewesen zu sein.

Wir haben gesehen, wie sich der Anker immer mehr der Form und den Abmessungen des heute unter dem Namen Admiralitätsanker bekannten Modells angenähert hat.

Wenn man von den Ankern mit drei und mehr Armen absieht, so hat die Zeit bis 1800 kaum noch weitere Verbesserungen und Fortschritte gebracht. Dagegen bringt die Entwicklung von Handel und Seefahrt es mit sich, daß der Anker von jetzt ab immer mehr im Volksleben eine Rolle spielt. Er wird seit Walter von der Vogelweide zum Sinnbild der Hoffnung, ähnlich auch in Cosmas Chronik der Böhmen (1280 n. Chr.). Eigenartig ist zwar, daß er auf Münzen fast gar nicht mehr erscheint, und aus der ganzen Zeit zwischen 800 n. Chr. und 1668 n. Chr. habe ich nur eine Münze mit ihm auffinden können (Tafel III, Abb. 19). Dagegen kommt er jetzt zahlreich als Wappen von See- und Handelsstädten vor (Tafel III, Abb. 16, 17, 18, 20, 25 u. 27). Admiräle nehmen ihn in ihren Schild und vereinzelt auch binnenländische Adelsgeschlechter (Tafel III, Abb. 31, 32, 38, 39; 21, 29 u. 56). Als Wasserzeichen findet er sich zwischen 1376 und 1600 weit über 500 mal, auch da jedenfalls als Sinnbild des Handels (Tafel III, Abb. 28, 33, 36, 37, 41, 54 u. 58). Endlich begegnet er uns immer häufiger auf Gemälden, welche das Seeleben schildern. Hier erkennen wir auch die Unterbringung an Bord, entweder an einem Kranbalken oder am Klüverbaum hängend, oder vor einer Klüse festgezurr. In einem Falle ist durch die Klüse ein Pfahl gesteckt und der Anker mit seinem Ring daraufgehängt. Meist



Tafel V, Ankerdarstellungen aus christlicher Zeit.

1. bis 38. Ankerdarstellungen aus den Katakomben.
39. Anker als christliches Symbol in Gallien (2. Jahrhundert).
40. Steinmetzzeichen am Straßburger Münster.
41. Relief der Trajanssäule.
42. Katakombenbild: Schiff an Tauen an einem Pfahl oder Anker festgelegt.

Sämtliche Zeichnungen sind von Herrn O. Mahnkopf, Zeichner der Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Berlin, angefertigt.

Admiräle nehmen ihn in ihren Schild und vereinzelt auch binnenländische Adelsgeschlechter (Tafel III, Abb. 31, 32, 38, 39; 21, 29 u. 56). Als Wasserzeichen findet er sich zwischen 1376 und 1600 weit über 500 mal, auch da jedenfalls als Sinnbild des Handels (Tafel III, Abb. 28, 33, 36, 37, 41, 54 u. 58). Endlich begegnet er uns immer häufiger auf Gemälden, welche das Seeleben schildern. Hier erkennen wir auch die Unterbringung an Bord, entweder an einem Kranbalken oder am Klüverbaum hängend, oder vor einer Klüse festgezurr. In einem Falle ist durch die Klüse ein Pfahl gesteckt und der Anker mit seinem Ring daraufgehängt. Meist

führt das Ankertau zu einer Klüse, während das Bojereep an anderer Stelle auf Deck belegt ist. Der Anker ist ein sehr wertvolles Ausrüstungsstück, da er aus Eisen geschmiedet wurde. Es gilt daher, seinen Verlust unter allen Umständen zu vermeiden. Wo man ihn dennoch schlippen muß, wird daher eine Boje an ihm befestigt und später nach ihm gesucht. So schreiben es die Hanse-Rezesse vor (Hansisches Urkundenbuch Bd. 3, Nr. 452), so beschreibt es auch eine Chronik des Bischofs Bernhard von Hildesheim. Als nach seinem Tode (1203) Männer von Bremen nach England fuhren, wurden sie unterwegs vom Sturme ereilt und verloren die Anker. Auf Mahnung eines unter ihnen beteten sie zum Heiligen St. Bernhard und erreichten glücklich den Hafen. Auf kleineren Fahrzeugen kehrten sie später zur Stätte der Angst zurück und suchten und fanden den Anker. Später stifteten sie dem Heiligen in Hildesheim ein Schifflin aus Wachs und einen silbernen Anker.

Es vergehen nun noch einige Jahre, bis wir in dem italienischen Werke des Bartolomeo Crescentio eine lange theoretische Abhandlung über die Konstruktion und Wirkungsweise des Ankers finden. Damit treten wir aus dem ersten Abschnitt der Geschichte heraus und befinden uns im Gebiete des modernen Ingenieurs.

Literaturquellen.

1. Müller, Nummismatique d'Alexandre le Grand (1855).
 2. British Museum, Greek coins. Parthia, Phrygia, Galatia.
 3. Stevenson, Dictionary of Roman coins (1889).
 4. Head, Historia Nummorum.
 5. Babelon: Catalogue des monnaies grecques de la bibliothèque.
 6. Babelon: Catalogue des monnaies de la République romaine.
 7. Haeblerlin, Aes grave (1910).
 8. Reallexikon der germanischen Altertumskunde.
 9. Briquet, Les filigranes (1907) (Wasserzeichen).
 10. Roncière, Histoire de la marine française.
 11. Lehr, Der Meister W. \diamond (1895).
 12. Revue archéologique, Bd. XXV (1894).
 13. Torfaeus, Ancient History of the Orkneys.
 14. Wörter und Sachen, Bd. 4.
 15. Corpus poeticum boreale, Bd. 2.
-

Beiträge zur Entwicklung des Dampfkesselbaues in den letzten 50 Jahren.

Von
Oberingenieur Kugler †, Gustavsburg¹⁾.

Entwicklung der Dampfkessel bei der Maschinenfabrik
Augsburg-Nürnberg A.-G. (M. A. N.).

Der Dampfkesselbau ist seit den ersten Jahren ihres Bestehens bei der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. — unter der früheren Firma Klett & Co. in Nürnberg — neben dem Dampfmaschinenbau, ein Hauptarbeitsgebiet geblieben. Den ersten Aufschwung nahm der Dampfkesselbau unter dem Engländer Robert Astbury, der 1845 bis 1895 in Diensten der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg stand. Man baute damals meist einfache Zylinder- oder Walzenkessel, späterhin vereinzelt Cornwallkessel und sogar eine Bauart von kleinen Wasserrohrkesseln, die späterhin noch erwähnt werden, bis in die 70er Jahre.

Für die einfachen Walzenkessel hatte Direktor Werder Normalien aufgestellt, noch im alten bayrischen Linienmaß, für die dann späterhin, nach Einführung des metrischen Maßsystems in Deutschland, Umwandlungstabellen geschaffen wurden. Diese Normalien waren sauber in Steindruck ausgeführt und auf Pappdeckel von etwa 20 zu 30 cm Größe aufgezogen. Jede Tafel zeigte eine bestimmte Kesselgröße (Abb. 1 bis 4). Man benannte damals die Dampfkessel nicht nach ihrer Heizfläche, sondern man drückte ihre Größe in Pferdestärken aus. Die in den 60er Jahren gebräuchlichen Größen waren 3, 6, 9, 12, 18, 24, 30 und 36 PS., mit Heizflächen von etwa 6 bis 50 qm. Eine einfache Skizze mit den

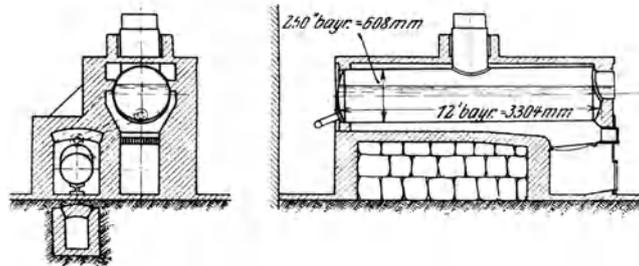


Abb. 1 und 2. Walzenkessel nach Werders Normalien von 5 PS. 5 at Dampfdruck. 8,5 qm Heizfläche. 1865.

¹⁾ Oberingenieur Kugler hat auf Veranlassung der Generaldirektion der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G., die in dankenswerter Weise sich die planmäßige Sammlung des geschichtlichen Materials angelegen sein läßt, eine sehr beachtenswerte Arbeit über den Dampfkesselbau innerhalb seiner Firma verfaßt. Die Kenntnis dieser Arbeit verdanke ich Herrn Dr.-Ing. A. v. Rieppel, der auch gestattete, daß die Arbeit des leider inzwischen verstorbenen Verfassers, soweit sie allgemeineres Interesse hat, hier veröffentlicht werden kann. Näheres über die Geschichte der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. findet sich in Band 5 der „Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie“ (1913), S. 244.

Der Herausgeber.

eingeschriebenen Maßen und ein Verzeichnis mit den wenigen Armaturen belebte diese Normaltafeln. Auf anderen Tafeln waren die Planrostfeuerungen, dann die Rauchschieber usw. tabellarisch mit Nummern, ihrer Größe entsprechend, verzeichnet. Auch die feinen Armaturen wurden damals im Werk gefertigt, so Sicherheitsventile nach eigener Bauart (Abb. 5 und 6); die Hebel ruhten auf Schneiden, waren daher sehr empfindlich und genau einstellbar. Die Ventile wurden vom

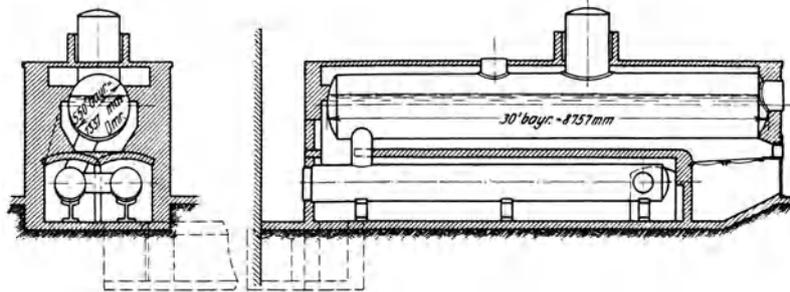


Abb. 3 und 4. Walzenkessel nach Werders Normalien von 30 PS. 5 at Dampfdruck.
57,7 qm Heizfläche. 1865.

Bayrischen Revisionsverein damals besonders vorgezogen und empfohlen. Sie sind bis vor einigen Jahren noch bestellt worden, schon nach Einführung der Hochhub-sicherheitsventile. Noch heute sind viele Hunderte von ihnen im Gebrauch. Die Speiserückschlagventile waren mit Absperr- und Ablaufventilen vereinigt. Es lagen also 3 Ventile nebeneinander in einem gemeinschaftlichen Gehäuse. Dadurch konnten

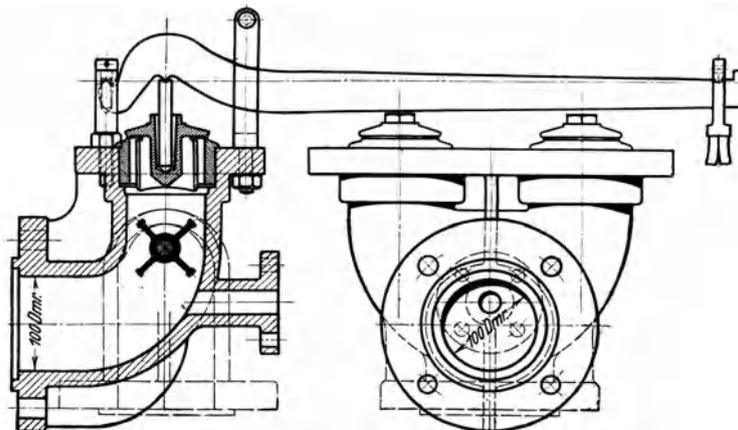


Abb. 5 und 6. Sicherheitsventil.

Speise- und Ablaufleitung in einen gemeinschaftlichen Kanal gelegt werden. Ebenso wurde der gußeiserne Wasserstandskörper Abb. 7 und 8, an dem, wie damals üblich, stets ein Wasserstand und 2 Proberhähne angebracht waren, im eigenen Werke angefertigt. Späterhin wurden diese Armaturteile bis auf die Sicherheitsventile in Armaturfabriken bestellt.

Für die Werkstätte waren weder Zeichnungen noch Lieferverzeichnisse für einen bestellten Dampfkessel erforderlich, sondern lediglich ein Bestellzettel mit dem Hinweis auf die Normaltafeln, sowie ein Garniturverzeichnis. Auch für die

Modellschreinerei und Gießerei bedurfte es nur des Hinweises auf die bestellte Größe durch Bestellzettel. Mauerwerksverankerungen wurden nur in den seltensten Fällen verwendet. Unter diesen Umständen war ein besonderes Bureaupersonal oder gar eine besondere Abteilung nicht erforderlich. Es wurden meist nur bestimmte Größen ausgeführt, bei denen auch die Zeichnungen für die Einmauerung festgelegt waren, einfach genug mit wenigen Strichen und Schnitten im Maßstabe von 1 : 50. Auch der Dampfkessel-Revisionsverein war um 1880 mit seinen An-

sprüchen noch sehr bescheiden. Als Genehmigungszeichnung genügte eine Skizze des nackten Kessels in seinen Umrissen im Maßstabe 1 : 50, ohne Angabe der Blechteilung und Nietung. Erst nach und nach verlangte man die Umgrenzung der Einmauerung, dann wieder einige Jahre später die Zugführung mit den Putzöffnungen, so daß all-

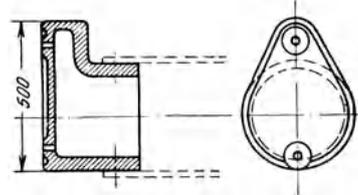


Abb. 7 und 8.
Gußeiserner Wasserstandkörper.

mählich, wie auch heute noch, der ganze Einmauerungsplan und die genaue Konstruktionszeichnung des Kessels zur Genehmigung vorgelegt werden mußte. Bis zu Anfang der 80er Jahre kannte man auch das Lichtpausverfahren noch nicht. Man mußte für das Genehmigungsgesuch die Zeichnung dreimal pausen und mit Stärkekleister auf weißes Papier aufziehen.

Für Reklamezwecke wurden allerdings bereits in den 60er und 70er Jahren Steindruckzeichnungen im eigenen Werke hergestellt. Auf diese Weise wurden Schiebebühnen, Pumpwerksanlagen, Drehscheiben und auch Dampfkessel in Buntdruck vervielfältigt. Erst um 1883 wurde das Lichtpausverfahren allgemein eingeführt.

Als 1885 die Wasserrohrkessel Patent Heine im Werk zur Ausführung kamen, waren sie in 28 Ausführungsgrößen von 12—200 qm Heizfläche vollständig normalisiert. Infolgedessen wurden auch die Einmauerungszeichnungen in Steindruck ausgeführt. Die Zeichnungen fertigten die Techniker selbst an und die Lithographen übertrugen sie auf den Stein. Auch für die Werkzeichnungen mußte das Durchpausen und der Stärkekleister angewandt werden.

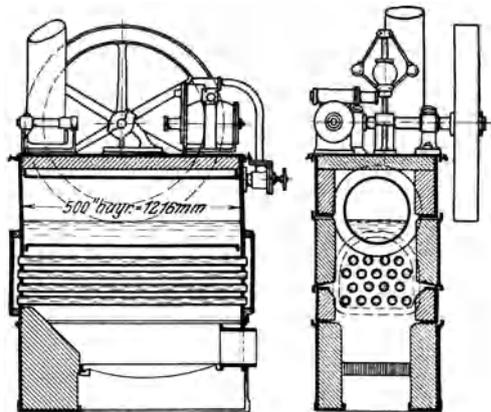


Abb. 9 und 10. Kleindampfmaschine von 4 PS mit Wasserrohrkessel. 60er Jahre.

Im Werk selbst waren zu der Zeit Cornwallkessel und Walzen- oder Vorwärmerkessel im Betrieb. Außer an neuere liegende Dampfmaschinen lieferten sie auch noch Dampf an alte stehende Wolfsche Balancierwillingsmaschinen in vier Maschinenhäusern.

Daß man seinerzeit auch bereits den Wert der Ekonomiser als Rauchgas-Speisewasservorwärmer kannte, zeigt, daß zwei solcher Anlagen von dem damaligen Direktor Ludwig Werder beschafft und hinter Dampfkesseln eingebaut waren.

Werder baute auch in den 60er Jahren einen kleinen Wasserrohrkessel, Bauart Alban, der in Verbindung mit darüberliegenden kleinen Dampf-

maschinen von 1, 2 und 4 PS. und gußeisernen, mit Chamottesteinen verkleideten Seitenwänden ein geschlossenes Ganzes bildete und patentiert war (Abb. 9 und 10).

1894 wurde in Gustavsburg ein kleiner Wasserrohrschiffskessel von 4,8 qm Heizfläche für ein Hafenboot in Frankfurt a. M. gebaut (Abb. 11 und 12), also in genau derselben Ausführung wie Werders Kessel.

Diese Röhrenkessel Albanscher Konstruktion bestanden, ähnlich wie die heutigen Wasserröhrenkessel, aus zwei Wasserkammern, die durch Röhren miteinander verbunden waren. Das Röhrenbündel mit beiden Kammern war mit einem zylindrischen Dampfsammler oder Oberkessel vereinigt, in dessen verlängerten Stirnböden gleichzeitig die Rohre befestigt waren. Die Wasserkammern wurden dadurch gebildet,

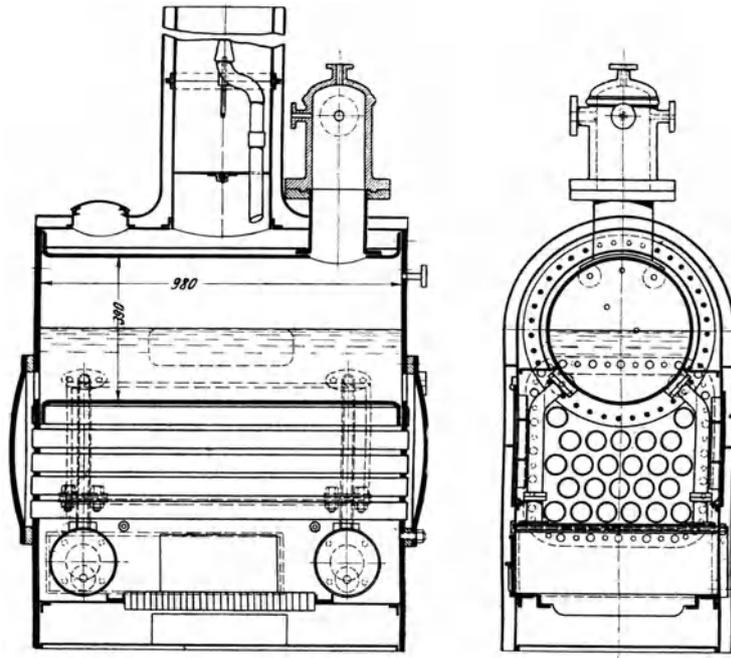


Abb. 11 und 12. Wasserrohrschiffskessel von 4,8 qm Heizfläche. 1894.

daß man auf die Rohrwände einen rechteckigen Flacheisenrahmen aufnietete und an diesen die Kopfplatten anschraubte, welche die Querschnitte sämtlicher Wasserrohre und noch einen Ausschnitt in den Stirnwänden des Oberkessels deckte. Dieser Ausschnitt verband den Wasserraum des Röhrenbündels mit dem des Oberkessels. Der Oberkessel selbst war nur halb mit Wasser gefüllt und diente gleichzeitig als Dampfsammelraum. Das wagerechte Rohrbündel lag ungünstig für den Wasserumlauf und die Dampfbildung, aber günstig für Kesselsteinansatz in den Röhren. Der Betriebsdruck dieses Wasserrohrkessels betrug bereits 6 at, während für Walzenkessel noch in den 70er Jahren ein Betriebsdruck von höchstens 5 at üblich war.

Den Bedürfnissen nach größerer Heizfläche entsprechend, wurden die einfachen Walzenkessel, bestehend aus nur einem Oberkessel, bereits in den 60er und 70er Jahren mit einem Vorwärmer versehen. Der Vorwärmer wurde zunächst meist seitlich in Höhe des Hauptkessels gelegt, seltener unter ihn. Im letzteren Falle

war die Verbindung durch angenietete Gußstutzen hergestellt, die meist aus zwei Teilen zusammengeschaubt waren. Lag der Vorwärmer seitlich, so wurde er oben und unten durch Kupferrohre mit dem Hauptkessel verbunden.

Domböden und Unterkesselböden, sowie die Wasserstandsböden bestanden aus Gußeisen, wobei die Mannlochöffnungen und Abschlußflanschen angegossen waren. Die Gußböden waren flach, die Ränder mit Wulsten versehen; auch die Mannlochdeckel bestanden aus Gußeisen (Abb. 13 und 14). Die obengenannte Verbindungsart wurde jedoch wieder verlassen; dafür wurden die Kessel nach dem Gegenstromsystem gebaut. Angeschraubte Kupferkrümmer von 110—160 mm Lichtweite, die außerhalb des Mauerwerks lagen, verbanden Ober- und Unterkessel am hinteren Ende. Durch diese Verbindungsart wurde die Herstellung der Kessel in der Werkstätte verbilligt; auch wurden Transport und Montage erleichtert. Der Oberkessel war etwa 50—75 mm nach hinten geneigt, die Unterkessel meist 150 mm nach vorne, so daß die Wasserbewegung vorne vom tiefsten Punkte des Unterkessels nach hinten durch das Kupferrohr in den Oberkessel nach vorne erfolgen mußte, während die Heizgase dieser Strömung entgegengesetzt, unter den Oberkessel nach hinten und durch einen Kanal den ganzen Unterkessel bestreichend, nach vorne in den Fuchs zogen.

Der Eintritt des Speisewassers erfolgte am tiefsten Punkte des Unterkessels; das Speisewasser mußte so nach oben steigend allmählich erwärmt werden, wodurch häufig Anrostungen an den untersten Schüssen der Vorwärmer eintraten. Erst später, als man vom Gegenstromprinzip zum Teil abwich und die Kessel nach dem Kammersystem konstruierte, wurde die Speisung in den Scheitel der Oberkessel verlegt, und das Speisewasser mit einem Einfallrohr durch den Dampfraum 10 cm unter dem niedersten Wasserstand geführt. Man sagte sich mit Recht, daß das eingeführte Speisewasser sich rascher erwärmt, wenn es an der heißesten Stelle in den Dampfkessel eingeführt wird.

Die Vorwärmerkessel wurden auch als ein Ober- und zwei Unterkessel ausgeführt. Dabei konnten die beiden Unterkessel nach vorne gleiche Neigung besitzen und wurden dann mit dem Oberkesselhinterboden durch je ein Kupferrohr verbunden und in einen gemeinschaftlichen Kanal gelegt. Hatten die Unterkessel verschiedene Neigung, so lag auch jeder in einem Gewölbe für sich, so daß die Heizgase die Unterkessel nacheinander bestreichen mußten.

Es stellte sich bald heraus, daß diese Vorwärmerkessel, um noch größere Heizfläche zu erzielen, verschiedenartig angeordnet werden konnten. So vereinigte man zwei Oberkessel mit zwei oder mit vier darunterliegenden Unterkesseln, und auch drei Oberkessel mit drei und sechs Unterkesseln zu einer Kesselgruppe. Derartige Anordnungen hießen Batterieessel. Man kann mit diesen Kesseln Heizflächen bis zu 200, äußerstenfalls bis 250 und 300 qm in einem Mauerblock unterbringen. Batterieessel sind namentlich in Süddeutschland in Gebrauch und werden immer noch bestellt, namentlich da, wo Holzabfälle usw. auf Schrägrosten verfeuert werden müssen und man einen Großwasserraumkessel vorzieht (Abb. 15 bis 16).

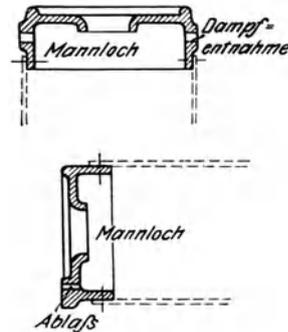


Abb. 13 und 14. Gußeiserne Dom- und Unterkesselböden um 1870.

Bei dem Übergang des Vorwärmerkessels zu den Batteriekesseln mit höherem Druck mußte man von der vorherbeschriebenen Kupferrohrverbindung absehen und zu der älteren Verbindung mit angenieteten schmiedeeisernen Zwischenstutzen greifen. Hierdurch mußte das Gegenstromprinzip ebenfalls weichen. Die Zuführung wurde bereits um 1885 nach dem bewährten Kammersystem bewerkstelligt, wobei auch eine höhere Dampfleistung der Kessel erzielt wurde. Gegen Ende der 70er Jahre wurde ferner einer neuen rauchverzehrenden Feuerung, der Schrägrostfeuerung, Bauart Tenbrink, in Verbindung mit dem Batteriekessel mit Recht viel Interesse entgegengebracht (Abb. 17 und 18). Diese Feuerung verdient heute noch ihren guten Ruf als erste wirkliche rauchverzehrende Feuerung. Die Tenbrinkvorlage besteht aus einem zylindrischen Querkessel, in welchem eine oder zwei konische Feuerbüchsen unter $40\text{--}50^\circ$ Neigung eingenietet sind, die zur Aufnahme des Schrägrostes dienen. Die Vorlage selbst ist mit den Ober- und Unterkesseln durch schmiedeeiserne Stützen verbunden, um Wasserumlauf und Dampf-abführung zu ermöglichen.

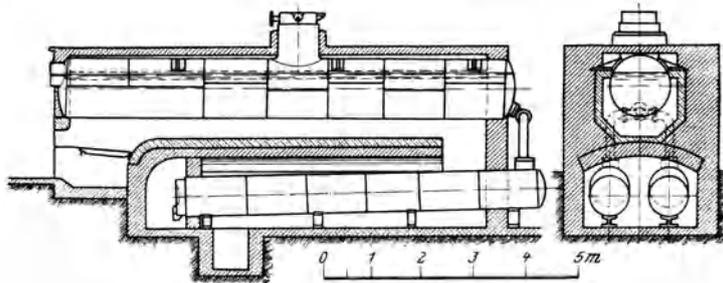


Abb. 15 und 16. Vorwärmerdampfessel. 6 at Dampfdruck. 46 qm Heizfläche. 1882.

Da der Schrägrost bei diesem Apparat in einer konischen Feuerbüchse als Innenfeuerung liegt, ist die Nutzleistung dieser Kessel, was Rauchverzehrung und Kohlenersparnis anbelangt, außergewöhnlich groß.

Diese Tenbrinkkessel fanden namentlich in Süddeutschland große Verbreitung, da sie zur Verfeuerung von nicht backender Nußkohle sehr geeignet sind. Noch heute sind zahlreiche Tenbrinkkessel im Betriebe.

Durch die Anordnung eines Schrägrostes bei diesen Tenbrinkapparaten, bei welchen das Nachrutschen des Brennmaterials fast ganz selbsttätig erfolgt, kam man aus wirtschaftlichen Erwägungen auf den Gedanken, den verhältnismäßig teuren Tenbrinkquerkessel wegzulassen und nur den Schrägrost beizubehalten, außerdem versuchte man die Rauchverzehrung dadurch zu erreichen, daß man über dem Schrägrost ein feuerfestes Gewölbe anordnete und dieses über den gemauerten Sattel etwas hinterragen ließ, so daß die Verbrennung in einer gemauerten Kammer durch Drosselung des Austrittsquerschnittes mit teilweiser Rauchverzehrung und mehr oder weniger gutem Erfolg vor sich gehen konnte. Diese Feuerungen nannte man Halb-Tenbrinkfeuerungen. In den 80er Jahren sind mehrere hundert von ihnen gebaut worden, auch größere Doppelfeuerungen nach dem Rheinland für Wasserröhrenkessel usw. Diese Schrägrostfeuerungen wurden im Laufe der Jahre verbessert und dem jeweilig zur Verfeuerung gelangenden Brennmaterial angepaßt. Die Zuführung von Sekundärluft für die Rauchverzehrung geschah entweder durch eine verstellbare Luftklappe oberhalb der Schürklappe, wie bei den Tenbrinkfeue-

rungen, oder durch gemauerte Luftkanäle, welche bei ihrem Eingang, seitlich neben der Aschenfallklappe, Regulierringe hatten.

Als Heizmaterial diente aus Gründen der Billigkeit in Nürnberg und der weiteren Umgebung meist böhmische Stein- und Braunkohle, wie Nürnberg, wie Nürnberg,

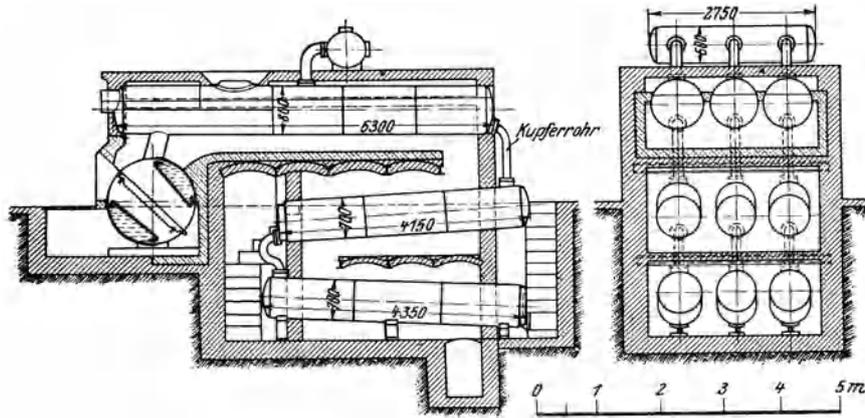


Abb. 17 und 18. Batterieessel mit Tenbrinksieder. 6,5 at Dampfdruck. 80 qm Heizfläche. 1884.

Mandauer, Brüxer Kohle u. a.; sie ließen sich auf Planrosten wie auf Schrägrosten sehr gut verheizen. In Oberbayern wurde meist die oberbayerische Kohle auf sogenannten Münchener Stufenrosten verfeuert. Im nördlichen Bayern, wie in

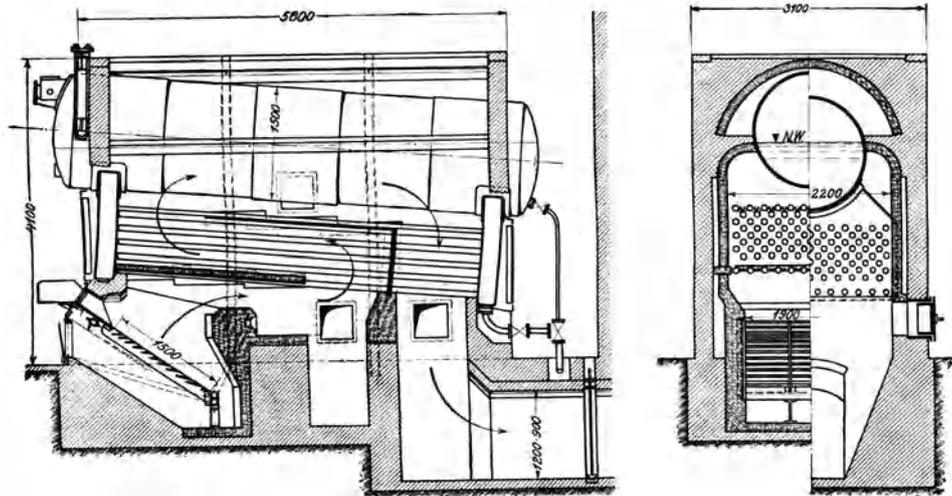


Abb. 19 und 20. Wasserrohrkessel. Bauart Heine. 1885.

Hof usw. wurde wohl auch Zwickauer Steinkohle verwendet, während westlich davon in Würzburg bereits Ruhrnußkohlen verfeuert wurden, die in Tenbrinkesseln bei richtiger Neigung des Rostes ebenfalls gut brennen.

1885 wurde die Fabrikation von Wasserrohrkesseln und zwar Zweikammerkesseln nach Bauart Heine aufgenommen (Abb. 19 und 20). Diese Kessel wurden damals nur von Borsig-Berlin für Norddeutschland und Skoda-Pilsen für Österreich-Ungarn gebaut, während Wasserrohrkessel anderer Systeme damals in Deutsch-

land verhältnismäßig wenig hergestellt wurden, unter anderen von Steinmüller-Gummersbach.

Die Wasserrohrkessel wurden von 12—200 qm Heizfläche und mit 10—18 at Überdruck ausgeführt. Alle Dimensionen und Größen waren in Tabellen festgelegt. Am Heinekessel waren verschiedene Teile bis 1896 patentrechtlich geschützt, so die Hohlanker, welche in die Kammerwände eingeschraubt und vernietet waren und die ein Abrufen der Rohre von der Stirnseite des Kessels gestatteten, außerdem sich als Sicherheitsanker erwiesen, ferner die Rohrverschlüsse, die Abdeckschienen, Querwandstücke, die Rohrabdecksteine der Schlammfänger und die Deflektionsplatte (Ablenkungsplatte zur Beruhigung der Wasseroberfläche) im Innern des Oberkessels. Der Oberkessel hatte dieselbe Neigung wie das Röhrenbündel, und zwar nur 12°. Die heutige Konstruktion ist von der damaligen wesentlich verschieden. Der Oberkessel wurde wagrecht gelegt und das Rohrbündel mehr geneigt, wodurch der Wasserumlauf sehr gefördert wurde; außerdem fanden durchgreifende Verbesserungen in den Rohrverschlüssen und im Innern des Oberkessels statt. Der äußere Rohrdurchmesser wurde von 89 auf 95 mm erweitert.

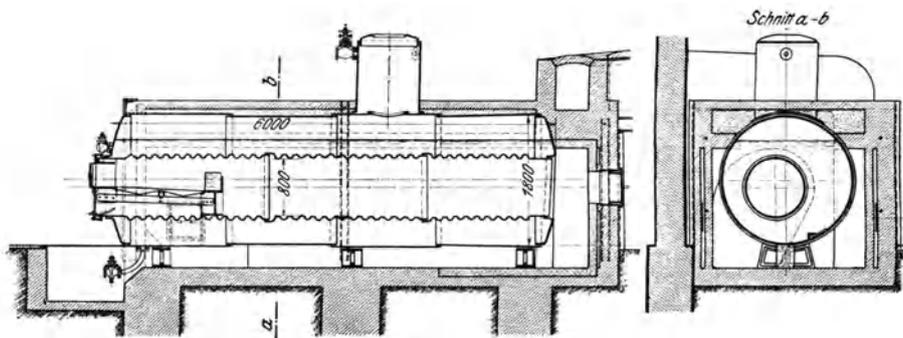


Abb. 21 und 22. Einfammrohrkessel mit Wellrohr. 7 at Dampfdruck. 35 qm Heizfläche. 1896.

Durch die allgemeine Einführung der Überhitzer um 1900, welche am vorteilhaftesten nur zwischen Rohrbündel und Oberkessel untergebracht werden konnten, war man genötigt, die Kammerhäse länger zu halten und hinten sogar Zwischenstutzen einzusetzen. Mit all diesen Verbesserungen hielt auch die allgemeine Ausstattung gleichen Schritt, von welcher unter anderen die maschinell gepreßten Verkleidungsbleche in hübschen Mustern zu nennen sind. Die Wasserrohrkessel der M. A. N., die heute als Hochleistungskessel in vollendeter Ausführung auf den Markt kommen, werden in Größen bis zu 500 qm Heizfläche ausgeführt.

Mit der Einführung der Wasserrohrkessel wurde auch sofort der Betriebsdruck der Kessel auf 10 at erhöht, der für die bis dahin gebräuchlichen Kesselbauarten immer noch höchstens 7 at betragen hatte. Die Batteriekessel wurden dann im Laufe der weiteren Jahre ebenfalls für höheren Betriebsdruck bis 12 at gebaut.

Anfangs der 90er Jahre wurde auch mit dem Bau der Ein- und Zweiflammrohrkessel (Abb. 21 und 22) in größerem Umfange als bisher begonnen und diese ebenfalls für 12 und auch 15 at gebaut, allerdings erst, als man um 1895 an Stelle des bisher verwandten Schweißeisens das jetzt allgemein im Gebrauch befindliche Siemens-Martin-Flußeisens verwendete, das eine höhere Festigkeit als Schweißeisens aufweist. Mit der Einführung des Flußeisens im Dampfkesselbau sind auch die Blechwalzwerke bahnbrechend vorgeschritten, indem sie bedeutend

größere Bleche auf den Markt brachten, Spezialböden für Ein- und Zweiflammrohrkessel bis zu den größten Abmessungen durch Pressen aus einem Stück herstellten und die Herstellung von Wellrohren allgemein einführten (Abb. 23 und 24).

Während man vor 1900 den Mantel eines Zweiflammrohrkessels von etwa 80 qm Heizfläche noch aus 14 Teilen — 7 Schüsse aus je zwei Hälften — herstellte, machte man sie nach 1900 nur aus 3 bis 5, höchstens 7 Teilen. Vor 1890 wurden die ebenen Böden von Cornwallkesseln aus runden Scheiben mit angenieteten Winkelkränzen gebildet; jetzt werden sie aus einem Stück gepreßt.

1894 wurde der Bau von Schiffskesseln und von Doppelkesseln aufgenommen. Die Doppelkessel waren in den folgenden Jahren in Elektrizitätswerken, wie auch in Fabrikbetrieben sehr beliebt und wurden von der M. A. N. in Größe von 150 bis 450 qm Heizfläche vielfach gebaut und werden auch heute noch ausgeführt. Die Doppelkessel, meistens mit zwei Dampfräumen, bestehen aus einem Zweiflammrohrkessel mit darüberliegendem Heizröhrenkessel.

Die Ein- und Zweiflammrohrkessel wurden vor mehr als 20 Jahren als die Kessel der Zukunft bezeichnet. Noch mehr glaubte man dies von den Doppelkesseln, mit denen außerordentlich günstige Erfolge erzielt wurden. Der Doppel-

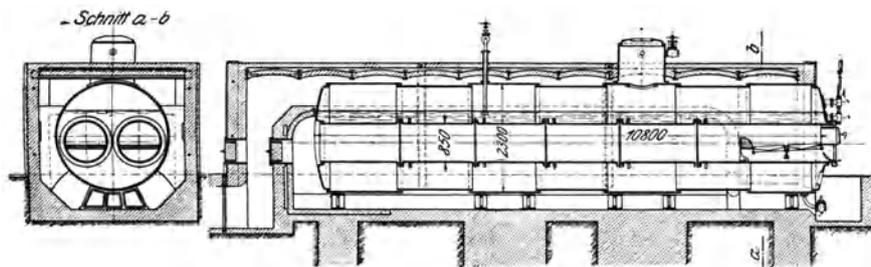


Abb. 23 und 24. Zweiflammrohrkessel. 7 at Dampfdruck. 100 qm Heizfläche. 1896.

kessel verdankte seine Entstehung dem Bestreben, die sogenannte innere Heizfläche der Kessel möglichst groß zu machen, um auf diese Weise eine starke Erhitzung des Kesselmauerwerks zu vermeiden und die Wärmeverluste durch das Mauerwerk möglichst herabzudrücken. Die innere Heizfläche, die in erster Linie von den Heizgasen bestrichen wird, beträgt etwa 70 v H der gesamten Heizfläche; die abziehenden Gase kommen daher erst mit etwa 350° C mit dem Mauerwerk in Berührung. Der hohe Nutzeffekt dieser Kessel, 80 v H und darüber, war die Ursache, daß sie überall so rasch Eingang fanden.

Heute ist der Wasserrohrkessel, mit Außenfeuerung und zwar mit Kettenrostfeuerung, der Kessel der Zukunft. Die Erfindung der Kettenrostfeuerung in Verbindung mit Überhitzer und Ekonomiser (Rauchgasvorwärmer) brachte den Wasserrohrkessel in ungeahnter Weise zur Geltung und das mit vollem Recht, denn das, was heutzutage bei ausreichenden Zugverhältnissen aus dem Wasserrohrkessel, seien es Zweikammer- oder Steilrohrkessel, an Leistung und Nutzeffekt herausgeholt wird, konnte ohne Verwendung des Kettenrostes nie erreicht werden. Bei Kesseln mit Innenfeuerung ist man an eine bestimmte Grenze der Rostfläche gegenüber der Heizfläche gebunden, während man bei Wasserrohrkesseln mit Außenfeuerungen das Verhältnis der Rost- zur Heizfläche der größeren Beanspruchung des Kessels anpassen kann. Zu erwähnen ist noch, daß für Doppelkessel auch ein kombinierter Ein- oder Zweiflammrohrkessel bei der M. A. N. vielfach zur Aus-

führung kam, bei dem auch der Oberkessel, statt als Heizröhrenkessel, als Ein- oder Zweiflammrohrkessel ausgeführt wurde, und zwar von 60 bis 180 qm Heizfläche.

Für Schiffskessel werden die Heizflächen in der Regel von den Schiffswerften, oder wenn es sich um Ersatz handelt, von den Reedereien bestimmt. Wir führten den auf Flußdampfern gebräuchlichen Schiffskesseltyp (Kofferkessel) aus, und zwar als innen gefeuerten Großwasserraumkessel mit Flammrohren, Feuerbüchsen und rückkehrenden Heizröhren. Schiffskessel werden gebaut von 12 bis 300 qm feuerberührte Heizfläche, und zwar bis 50 qm mit einem, von 50 bis 180 qm mit zwei und darüber mit drei Flammrohren.

Außer den bisher genannten Kesseltypen sind Rauchröhrenkessel zu nennen, die sich für kleine Ausführungen eignen. Zweckmäßig werden diese Kessel mit darunter liegenden Siedern kombiniert und eignen sich dann besonders in solchen Fällen, in welchen große Roste für minderwertige Brennstoffe unter den Kessel untergebracht werden müssen. Rauchrohrkessel mit Siedern (Meunier-

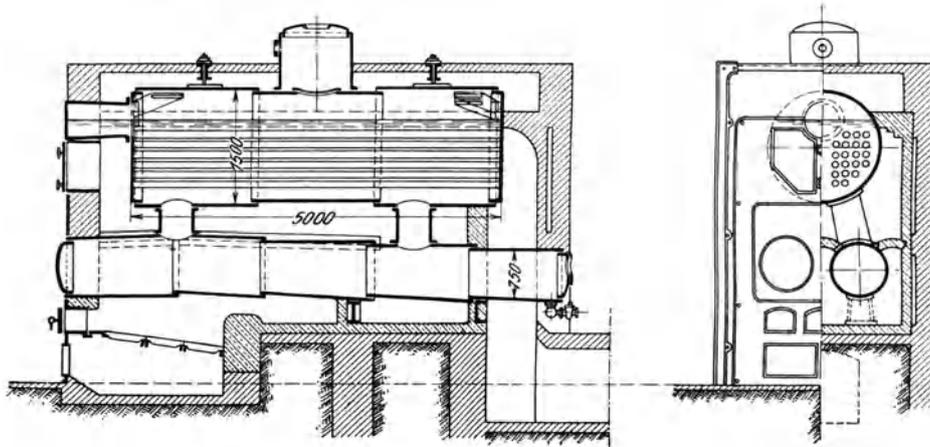


Abb. 25 und 26. Rauchrohrkessel mit Siedern. (Meunierkessel).

kessel genannt) sind bis 200 qm ausgeführt worden, doch wird diese Bauart selten verlangt (Abb. 25 und 26).

Für ganz kleine Ausführungen sind stehende Kessel mit Quersiedern (Abb. 27) oder mit Rauchröhren (Abb. 28) angebracht, welche namentlich in Größen von 8 bis 13 qm Heizfläche bereits in den 90er Jahren dutzendweise für die Wasserstationen der Anatolischen Bahn geliefert wurden.

Für Ein- und Zweiflammrohrkessel, sowie für Kessel mit Außenfeuerung wurde von der M. A. N. eine mechanische Rostbeschickung ausgeführt, welche sich überall gut eingeführt hat und deren Lieferung später an eine Spezialfirma abgetreten wurde.

Während man sich anfangs der 80er Jahre bei Vorwärmern bzw. Batteriekesseln mit einer Dampferzeugung von 10 bis 12 kg/qm Heizfläche und Stunde begnügte, erzeugten die Wasserrohrkessel älterer Bauart 10 bis 17 kg Dampf, Ein- und Zweiflammrohrkessel 17 bis 22 kg, vereinigte Zweiflammrohr-Heizröhrenkessel 12 bis 17 kg, vereinigte Ein- und Zweiflammrohrkessel 17 bis 22 kg und die neueren Wasserrohrkessel mit Kettenrostfeuerung mit Überhitzer und Ekonomiser 30 bis 40 kg Dampf in der Stunde und darüber.

Herstellung der Kessel.

Die Kesselschmiede der älteren Zeit in Nürnberg war kein selbständiger Bau, sondern am Ende der Maschinenbauhalle untergebracht. Der Antrieb der wenigen Arbeitsmaschinen erfolgte durch Verlängerungen der Transmissionen der Maschinenbauhalle. Ebenso konnte einer der 10-Tonnen-Laufkrane nach Bedarf die Kesselschmiede bedienen. Außer einem Flammofen zum Glühen der zu walzenden Bleche waren nur zwei Schmiedefeuer vorhanden. Von den Arbeitsmaschinen ist eine für die damalige Zeit wohl seltene Maschine zu nennen, eine englische Dampfriet-

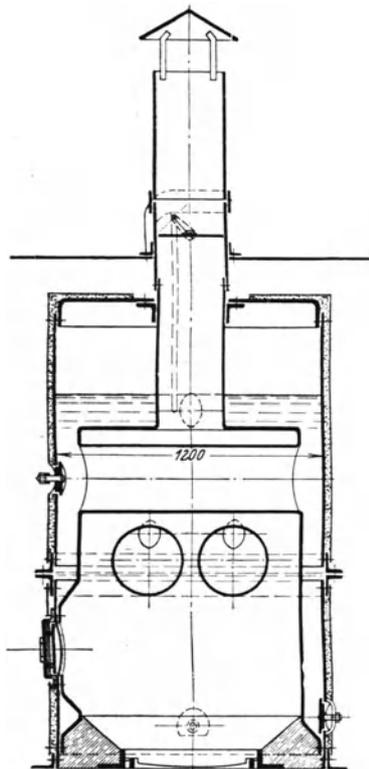


Abb. 27. Stehender Kleinkessel mit Quersiedern. 8 at Dampfdruck. 8 qm Heizfläche.

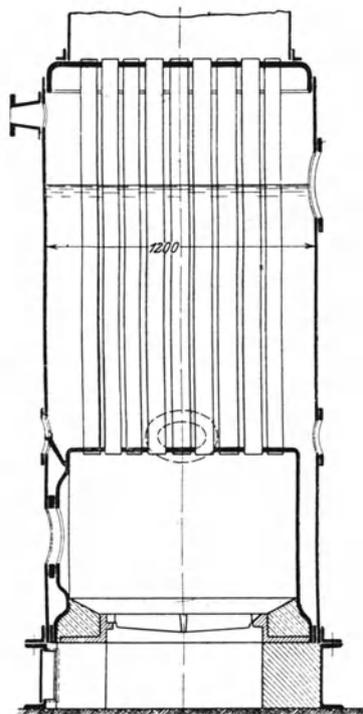


Abb. 28. Stehender Kleinkessel mit Rauchröhren. 8 at Dampfdruck. 16 qm Heizfläche.

maschine, die Mitte der 70er Jahre aufgestellt wurde. Der Dampfkessel mit 7 at Betriebsdruck befand sich direkt neben der Maschine und wurde zugleich von dem Nietler bedient. Da sich die Nietmaschine in einem besonderen, an den vorherbeschriebenen anschließenden, aber bedeutend höheren Raum befand, konnte zum Heben und Senken der zu nietenden Kesselschüsse ein besonderer, von Hand betriebener Nietkran von 5 t Tragkraft in etwa 15 m Höhe untergebracht werden, welcher zugleich zum Zusammenbauen der einzelnen Kesselschüsse diente. An Maschinen waren weiter vorhanden: zwei Blechscheren, mit einer größeren und einer kleineren Stanze vereinigt, eine Blechwalze, eine Bohrmaschine mit Flachbohrer zum Bohren der Nietlöcher der Kesselböden, sowie zwei kleine Bohrmaschinen und eine Schmirgelschleifmaschine. Als Mitte der 80er Jahre mit dem

Bau der Wasserrohrkessel begonnen wurde, kamen noch zwei Bohrmaschinen hinzu. Eine von ihnen bohrte die Bohrlöcher in den Wasserkammern mit Bohrmessern.

Die Blechkanten wurden an der gewöhnlichen Blechschere schräg geschnitten (Abb. 29 und 30). Hierzu wurde eine schräge Holzbrücke vor die Schere gestellt, auf der 6—8 Mann standen; diese hielten die Blechplatte in ihrer schrägen Lage fest und verschoben sie dann beim Schneiden entsprechend der Schnittlänge. Als die Batteriekessel mehr und mehr Aufnahme fanden, ist auch eine Maschine eigener

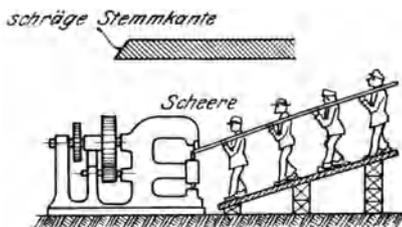


Abb. 29 und 30. Schrägschneiden von Blechkanten mit der Blechschere.

Konstruktion zum Schrägschleifen der Blechkanten in Gebrauch genommen worden (Abb. 31). Sie bestand aus einer Schmirgelscheibe von etwa 300 mm Durchmesser, die auf einer 3—4 m langen Spindel hin und her bewegt wurde. Der Antrieb erfolgte durch ein Deckenvorgelege mit einer ebenso langen Holzwalze, auf der der Antriebsriemen in Verbindung mit der Schmirgelscheibe hin und her glitt. Es konnten damit nur die Stemmkannten von dünnen Blechen geschliffen werden, da infolge des kleinen Durch-

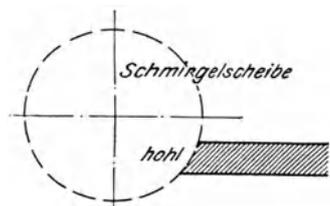


Abb. 31. Schrägschleifen von Blechkanten.

messers der Schmirgelscheibe die Blechkanten hohl geschliffen wurden. Dies machte sich bei dünneren Blechen nicht so stark bemerkbar wie bei dickeren, wo sich die Bleche dann schlecht stemmen ließen. Bei dicken Blechen wurden die Stemmkannten nach dem Schneiden mit der Schere noch gemeißelt und sogar gefeilt, namentlich bei Wasserrohrkesseln. Bei Vorwärmern und Batteriekesseln wurden die Nietlöcher der Oberkessel gebohrt, während die der Unter- oder Vorwärmekessel gestanzt wurden. Die Schelleisen oder Döpfer wurden seinerzeit nicht mit festen Zangen gehalten, sondern mit Weiden- oder Haselnußbruten, in die die Schelleisen eingebunden wurden. Die Nieten sind mit Spitzköpfen geschlagen und die Blechkanten mit Hohlstemmern nach alter englischer Überlieferung (nach Werkmeister Astbury) gestemmt worden (Abb. 32). Nieten wurden in Größen von 10 mm Durchmesser von 2 zu 2 mm steigend bis 24 mm verwendet entsprechend einer Blechdicke von 4—16 mm. Die Vernietung geschah in der Hauptsache nur ein- und zwei-

reihig überlappt, da Bleche über 14 mm bis Mitte der 80er Jahre kaum benötigt wurden. Der höchste Betriebsdruck betrug ja auch nur 6 at und die Durchmesser der Kessel höchstens 1500 mm. Laschnennietung kannte man nicht. Die Kessel wurden nur außen gestemmt, die Nietköpfe überhaupt nicht, sondern es wurden bei der Wasserdruckprobe nur diejenigen Nieten gestemmt, welche leckten; manchmal waren es wenig Nieten, welche auf diese Weise gestemmt wurden, manchmal mußten aber auch mehrere Stunden Arbeit darauf verwendet werden. Die Revisionsbeamten waren auch zu der Zeit geduldiger, als heutzutage und warteten oft mehrere Stunden, bis der Kessel fertig und dicht gestemmt war.

Bemerkenswert ist ferner, daß seinerzeit die Kessel beim Füllen mit Wasser gleichzeitig mit Dampf vom Nietmaschinenkessel angewärmt wurden, weil man glaubte, daß die Wasserdruckprobe bei angewärmtem Kessel besseren Erfolg er-

zielte, als bei kaltem und die Kessel dann unter Dampf noch sicherer dichthalten würden.

Die Bearbeitung der Kessel erfolgte in den letzten 20 Jahren in der Weise, daß die Bleche nach dem Anzeichnen gehobelt, die Heftlöcher gestantzt oder gebohrt und dann die Bleche gewalzt werden. Hierauf wurden die einzelnen Schüsse der Kessel zusammengebaut und die Nietlöcher durch beide Bleche (Schüsse) gleichzeitig gebohrt. Nach dem Bohren wurden die Schüsse wieder auseinandergenommen, abgegratet, wieder zusammengebaut und dann auf der hydraulischen Nietmaschine soweit als möglich genietet und hierauf gestemmt. Das Stemmen erfolgte zum größten Teil mit Preßluft. Auch genietet, gemeißelt und gebohrt wurde meistens mit Preßluft.

In neuerer Zeit wird das autogene Schneiden und Ausbrennen von größeren Löchern aus Blechplatten mittels Sauerstoff und Wasserstoff in ausgiebiger Weise benutzt. Zum Schweißen von leichteren Blecharbeiten aller Art ist eine autogene Schweißeinrichtung mit Acetylen und Sauerstoff im Gebrauch.

Das Schweißen von Wasserkammern, Dommänteln, Verbindungsstutzen sowie das Einschweißen von Wellrohren in die Rohrwände der Feuerbüchsen von Schiffskesseln erfolgte früher mit Koksfeuern, seit 1908 jedoch mit Wassergas. Die Wassergasschweißerei hat vor der Koksschweißerei verschiedene bemerkenswerte Vorteile: der zu schweißende Gegenstand bleibt auf seiner Unterlage liegen; die Schweißstelle wird zu gleicher Zeit auf beiden Seiten erhitzt. Hierdurch kann man das 4 bis 5fache leisten, als mit Koksschweißerei und noch dazu mit größerer Sicherheit, weil keine Koks- und Aschenteilchen die Schweißstelle verunreinigen können.

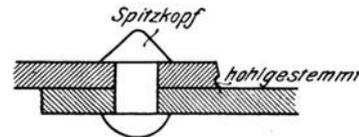


Abb. 32. Hohlstemmen von Kesselnähten.

Dampfkesselvorschriften.

Früher wurden die Dampfkessel aufgestellt und gebaut nach den allgemeinen polizeilichen Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln vom 29. Mai 1871, die im Laufe der Jahrzehnte den Fortschritten entsprechend fortwährend erneuert und ergänzt wurden. Desgleichen sind die Vorschriften für den Bau und die Prüfung der Dampfkessel und deren Materialien nach den Hamburger und Würzburger Normen fortwährend verbessert worden, bis 1908 ein Reichsgesetz für Dampfkessel erlassen wurde.

Arbeitslohn im Dampfkesselbau.

Werfen wir noch einen Blick auf die Arbeitslöhne von 1860 bis 1910 in der Zusammenstellung 1.

Zusammenstellung 1.

Arbeitslöhne für 100 kg in M.						
Jahr	Vorwärmer-, Batterie- und Quersiederkessel	Einflammrohrkessel	Zweiflammrohrkessel	Doppelkessel	Schiffskessel	Wasserrohrkessel
1860	18,00—25,00	20,00	—	—	—	—
1880	16,00—20,00	14,00	—	—	—	—
1900	9,00—13,00	6,00—8,00	5,00—6,00	6,00	13,00—18,00	6,00—10,00
1910	7,00—11,00	4,00—5,50	3,00—4,50	4,00—5,00	8,00—12,00	6,00—9,00

100 kg Kesselgewicht eines Vorwärmerkessels von 8 qm Heizfläche kosteten 1860 an Arbeitslöhnen 18 bis 25 M, eines 15 qm-Kessels etwa 16 M, 1910 dagegen etwa 7 bis 10 M. Dabei muß der Geldwert von 1860 und 1910 in Betracht gezogen werden. Da die Lebensmittelpreise in den 50 Jahren von 1860 bis 1910 um ungefähr 100 v H gestiegen sind, sind die Arbeitslöhne von 1860 entsprechend auf 36—50 M

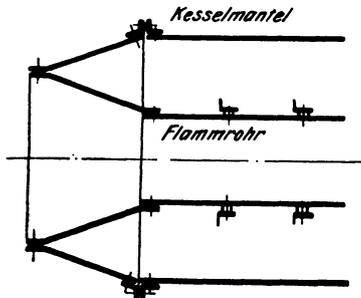


Abb. 33. Spitzer Boden eines Einflammrohrkessels um 1860.

zu bewerten gegen die von 1910 von 7 bis 10 M. Von einem Einflammrohrkessel mit etwa 20 qm Heizfläche und 5 at Betriebsdruck mit seinerzeit üblichen merkwürdigen spitzen Böden aus Blechplatten und Winkelkränzen bestehend (Abb. 33), das Flammrohr ebenfalls durch Winkelringe versteift, stellten sich die Arbeitslöhne von 100 kg auf 20 M. Aus Spalte 2 und 3 der Zusammenstellung 1 ist ferner ersichtlich, daß die Herstellungskosten von 1860 bis 1880 keineswegs besonders gefallen sind, was seinen Grund darin haben dürfte, daß eben die Herstellungsweise der Kessel innerhalb dieser 20 Jahre keinen Fortschritt zeigte. In den folgenden 20 Jahren

bis 1900 sind die Herstellungskosten um die Hälfte geringer und sie stellten sich 1910 noch niedriger.

Angaben über Verdienst und Arbeiterzahl sind aus dem Jahre 1860 nicht bekannt, doch ist immerhin aus den betreffenden Jahresproduktionen und den seinerzeit bezahlten Arbeitslöhnen pro Kessel darauf zu schließen, daß es wohl etwa 25 bis 30 Arbeiter waren, welche kaum mehr als 2 M im Durchschnitt Tagesverdienst hatten.

Zusammenstellung 2.

Jahr	Tagelohn M	Arbeiterzahl in der Kesselschmiede in Nürnberg
1860	2,00	20—30
1875	2,50—3,00	30—40
1885	3,00—4,00	50—60
1890	3,50—4,50	80
1900	4,50—5,00	130
1910	5,00—6,00	150
1913	5,00—6,00	180

Alle diese Angaben in den Zahlentafeln reden deutlich von der unaufhörlich fortschreitenden Entwicklung der Dampfkesseltechnik, ferner von dem Bestreben, die Brennstoffkosten herabzusetzen und damit die Wirtschaftlichkeit im Dampfkesselbetriebe durch stetige Verbesserungen und Erfindungen zu heben.

Zum Schlusse soll noch der Einfluß des Fortschrittes der Dampfkesseltechnik auf die technischen Bureaus und auf die Kesselhäuser einst und jetzt erwähnt sein. Wenn man seinerzeit die Dampfkessel in anspruchsloser Weise kurzerhand vom Konstruktionstisch abtat und als notwendiges Übel betrachtete, so mußte man sie im Laufe der Zeit immer mehr wissenschaftlich behandeln in der Erkenntnis, daß der Dampfkessel eben die Seele des ganzen Betriebes ist.

So besteht heutzutage das Bureau einer neuzeitlichen Kesselfabrik aus drei einzelnen selbständigen, jedoch unter sich zusammenhängenden Abteilungen, dem

Konstruktionsbureau, dem Projekten- und Kalkulationsbureau und dem Betriebsbureau.

Kesselhäuser.

Kesselhäuser einst und jetzt beschreibt eine Zeitschrift wie folgt¹⁾: Wagte man es vor 50 und stellenweise noch vor 20 Jahren, in das Kesselhaus einer Bergwerksanlage, einer Fabrik oder eines sonstigen gewerblichen Betriebes einzutreten, so schreckte man meist unwillkürlich zurück. Bildete doch gewöhnlich das Kesselhaus den ungastlichsten Raum der ganzen Anlage und glich mehr einer verräucherten, in Schmutz und Staub starrenden Höhle wie einer menschlichen Arbeitsstelle.

Der Dachstuhl war gewöhnlich aus rohem Holz konstruiert, vom Rauch geschwärzt und verzogen, Regen und Schnee an allen Ecken und Enden freien Durchgang gewährend. Die Fensteröffnungen enthielten entweder vor Schmutz undurchsichtige Scheiben oder sie waren mit Brettern oder Eisenblechen vernagelt, sodaß dem Licht der Zugang nur durch die verbliebenen Ritzen oder durch etwaige fehlende Scheiben gestattet war. Von den Kesseln waren kaum die rohen Umrisse erkennbar, während vor und neben ihnen Haufen von Kohlen, Asche und Unrat lagerten. Und die Heizer und Kesselwärter, die uns entgegentraten? Viel Menschenähnliches hatten sie kaum an sich. Schmutzstarrend, die Augen voll Staub und Rauch. Ihrem äußeren Ansehen entsprechend war auch die Tätigkeit der hier beschäftigten Arbeiter sehr beschwerlich und ungesund. Schwere und anstrengende Arbeit in verdorbener schlechter Luft, bei großer strahlender Hitze von der einen und Zugluft, verbunden mit Kälte von der anderen Seite wirkten zusammen, um das Kesselhaus zu einer Höhle für die Arbeiter zu machen.

Wie haben sich die Verhältnisse geändert? Besuchen wir jetzt eine Kesselanlage, so gelangen wir in eine hohe luftige, in leichter gefälliger und dabei doch kräftiger Eisenkonstruktion aufgeführte, mit Blech überdachte Halle, deren Seitenwände aus Eisenschwerk bestehen und in Ziegelmauerwerk ausgeführt sind, während die großen Fenster mit klaren und stets rein gehaltenen Scheiben versehen sind, die dem Licht ungehindert Zutritt gestatten. Zur Ventilation sind gesonderte Vorrichtungen vorhanden, die für eine ständige Erneuerung der Luft sorgen, ohne daß die Arbeiter durch Zugluft oder schroffen Temperaturwechsel belästigt werden. Die Wände sind weiß gestrichen, die Dampfkessel selbst liegen in einer oder mehreren Reihen nebeneinander, sauber ummauert, die Eisenteile schwarz gestrichen, die blanken Metallteile sind sauber geputzt.

Kohle oder Asche finden wir bei größeren Anlagen nicht mehr, obgleich die mit Kohlen gespeisten Feuer lustig flackern, was auch ohne Öffnen der Feuertüren durch angebrachte Gucklöcher zu erkennen ist. Wo sind nun die Kohlen und wo bleibt deren Rückstand, die Asche? Die Kohlen liegen in besonderen Bunkern, großen Behältern aus Eisenblech, welche vom Boden des Kesselhauses, bis über dieses hinaus in einem höher liegenden besonderen Raum einmünden, in welchen die Kohlen durch Elevatoren eingeführt werden. Aus diesen Bunkern gelangt die Kohle direkt durch Fallrohre in die mechanische Feuerung. Der Heizer, der hier eigentlich nur noch als Kesselwärter arbeitet, hat dabei weiter nichts zu tun, als den Gang der Feuerung und den Wasserstand im Kessel nebst Manometer zu überwachen und zu regulieren.

¹⁾ Deutsche Gruben- und Fabrikbeamten-Zeitung, Nr. 22, 30. 5. 1913.

Auch das Reinhalten der Roste von Schlacken erfolgt selbsttätig. Die Schlacken gelangen dabei aus der Feuerung sofort in untergestellte Wagen oder Transportbänder, welche durch einen unter dem Kesselhaus fortlaufenden Kanal direkt an den Aschengossen der Kessel vorbeigeführt werden und die Asche forttransportieren.

Durch diese Verbesserungen sind die Kesselhäuser aus ihrem früheren unwürdigen Zustand zu einer ihrer Bedeutung für den Betrieb angepaßten neuzeitlichen Arbeitsstätte geworden, die es mit den anderen Arbeitsräumen, sowohl was die gesundheitlichen wie auch die Arbeitsverhältnisse selbst anbelangt, sehr wohl aufnehmen kann.

Die geschichtliche Entwicklung der Eisen- und Stahlindustrie im Kreise Herrschaft Schmalkalden.

Von

A. Pistor, Schmalkalden.

Am Südwestabhange des Thüringer Waldes, von dem Grunde des Farnbaches bis zum Kessel von Zella—Mehlis, von dem auf dem Kamme des Gebirges hinziehenden sagenumwobenen Rennstieg hinunter zu dem fruchtbaren Tale der Werra erstreckt sich der gewerbefleißige preußische Kreis Herrschaft Schmalkalden.

Diese alte Herrschaft ist ein in mannigfacher Beziehung eigenartiges Stückchen deutschen Landes: reich an geschichtlichen Erinnerungen, an eigenartigen rechtlichen Verhältnissen und ausgezeichnet durch eine große Wohlhabenheit und hohe geistige Kultur während des Mittelalters, welche durch den einst in Blüte stehenden Bergbau und die dadurch bedingte Verarbeitung des Eisens veranlaßt wurden.

Nach einer Urkunde von 874 zum Grabfeldgau gehörend, gelangte die Herrschaft später unter die Regierung der Thüringer Landgrafen, um dann um das Jahr 1246 in die Hand des Grafen Hermann von Henneberg überzugehen. Im Jahre 1360 kam der Kreis unter die Doppelherrschaft der Grafen von Henneberg und der Landgrafen von Hessen, und dieses Kondominat, das bis zum Aussterben des Henneberger Grafengeschlechtes im Jahre 1583 dauerte, wurde zu einer Quelle anhaltender rechtlicher, politischer und religiöser Kämpfe, wodurch die wirtschaftliche Entwicklung stark beeinflußt wurde. Besonders schwere Tage hatten die Bewohner zu Zeiten der großen Kriege durchzumachen. In der Mitte Deutschlands gelegen, durchziehen eine Reihe alter, aus dem Werratal kommender Heerstraßen den Kreis, um über die Einsattelungen des Gebirges seiner nördlichen Seite zuzustreben. Auf diesen alten Verkehrsadern vollzogen sich aber auch in Kriegszeiten die Bewegungen der kämpfenden Heere, und die Geschichte der Herrschaft ist ausgefüllt von Mitteilungen über Plünderungen, Einquartierungen, Kontributionen und Brandschatzungen aller Art, unter denen Handel und Industrie schwer zu leiden hatten.

Trotz der mißlichen Verhältnisse und schweren Heimsuchungen haben sich die Bewohner nicht niederdrücken lassen, nach schweren Unglücksjahren mit ihrem wirtschaftlichen Niedergange neue Wege gesucht und gefunden, so daß bis heute trotz der Konkurrenzkämpfe die Schmalkalder Artikel sich auf dem Weltmarkte behauptet haben.

Was die Bodenbildung anbelangt, trägt die Herrschaft den Charakter eines Gebirgslandes, das in einer Meereshöhe von 250 m allmählich vom Werratale in nordöstlicher Richtung aufsteigt, um in dem Inselberg (916,5 m) seine höchste Höhe zu erreichen. Die Wasserläufe gehören dem Flußgebiet der Werra an und

sind infolge ihres schnellen Laufes in ausgedehntem Maße zu allen Zeiten gewerblichen Zwecken dienstbar gemacht worden.

Kaum ein Teil des Thüringer Waldes bietet innerhalb einer gleichengen Begrenzung einen solchen Reichtum an geognostischen Erscheinungen, wie der Kreis Herrschaft Schmalkalden, und zwar in der Weise, daß, während das Vorgebirge Triasbildungen, hauptsächlich bunten Sandstein, aufweist, das eigentliche Gebirge aus Eruptivgesteinen, kristallinischen Schiefern und älteren Flözgebirgen zusammengesetzt ist, und die Grenzscheide beider durch den die hohen Eruptivbildungen umschließenden schmalen Gürtel der Zechsteinformation gebildet wird.

In diesem Zechsteingebiet am Südwestabhange des Gebirges zieht sich ein drei Stunden langer Zug von Eisenlagerstätten bis zum Stahlberg und der Mommel, wo diese ihre größte Mächtigkeit erreichen. Sie sind der ehemalige Lebensherd der Eisenindustrie in der alten Herrschaft, und man kann wohl annehmen, daß Bergbau, Hüttenbetrieb und Feuerarbeit die frühe Besiedlung der unwirtlichen Gebirgstäler bewirkt haben, da neben den reichlich vorhandenen Rohstoffen die weiten Wälder das Brennmaterial und die schnellen Waldbäche die Betriebskräfte lieferten.

Die Urgeschichte des Bergbaues und der Kleineisenindustrie ist leider in undurchdringliches Dunkel gehüllt, da die Quellen darüber durch wiederholte Brände vernichtet sind. Nach der Sage soll ein fremdes Volk, die Hunnen, das in uralten Zeiten in Thüringen eingefallen sei, den Bergbau eingeführt haben. Nun sind die Slawen (die Hunnen nach der Sage), die in Thüringen unter den Deutschen als Kolonen und Hörige saßen, zu keiner Zeit Träger der Kultur gewesen, und wenn sie wirklich in Thüringen die Eisengewinnung betrieben, so folgt daraus noch nicht, daß die Germanen sie von jenen erlernt haben. Sicher ist dagegen, daß in Steiermark die Slawen im 6. und 7. Jahrhundert von den Ostgoten die dortigen Eisenschmieden übernommen haben. Beziehungen zwischen Steiermark und Schmalkalden in bezug auf die Eisen- und Stahlgewinnung haben bestanden. Auch die Sage weiß von einem Steiermärker, namens Merkel, zu berichten, der im Jahre 385 die mächtigen Eisenlagerstätten in der Mommel entdeckte und den Abbau betrieben haben soll. Die Familien Merkel und Clemen, in deren Besitz sich jahrhundertlang die Stahlschmieden hauptsächlich befanden, gehören zu den Urgeschlechtern der Stadt Schmalkalden, und diese verdankt neben ihrer günstigen Lage am Fuße des Gebirges und am Eingang dreier Täler den Eisenerzstätten in ihrer Nähe Entstehung und Bedeutung. Im Schmalkaldischen sind wohl auch die ältesten und bedeutendsten Anlagen von Eisenhütten in Thüringen zu suchen, und ihr Einfluß auf die anderen Thüringer Eisenwerke ist sicher groß gewesen.

An eine Arbeitsteilung, als Bergbau, Hüttenbetrieb und Hammerwerk, war anfänglich nicht zu denken. Der Waldschmied war sein eigener Bergmann, der die auf dem Gebirgsrücken in dem ihm zugeteilten Gebiete zutage tretenden Erzzüge, die entweder Roteisenstein und Eisenglanz oder auch Glaskopf führten, selbst abbaute, das Erz dann mit Holzkohlen, die er als sein eigener Köhler selbst gebrannt, auf den kleinen Rennherden zu Eisen verarbeitete, anfänglich in schwerer Handarbeit, später in dem Eisenhämmerchen am gefällreichen Waldbach, mit dessen Hilfe auch Balggebläse bewegt wurden, für seinen Gebrauch formte. Von diesem ältesten Berg- und Hüttenbetriebe legen die mit Waldpflanzen bewachsenen Schlackenhalde und Pingenzüge bei Brotterode, auf dem Seimberge, in der Umgebung der Wallenburg, im Steinbach-Hallenberger

und Oberschönauer Forst bis in die Nähe des Rennstieges am Schützenberg und an der Kalten Mark beredtes Zeugnis ab. Ganze Dörfer in der Herrschaft sind auf diesen vorgeschichtlichen ausgedehnten Schlackenhalde erbaut. Es sind dies in erster Linie Brotterode, Herges-Vogtei, Auwallenburg, Laudенbach, Kleinschmalkalden und Seligental. Diese Schlackenhalde sind während des Weltkrieges ebenso wie die um die Pingен liegenden Eisenmulme zum Zwecke der Mangangewinnung abgebaut und verhüttet worden.

In den ersten Schmelzeinrichtungen, die in kleinen gemauerten Öfen oder auch in Gruben bestanden, bereitete man kleine schmiedbare Luppen. Nach dem Verlegen der Schmelzstätten nach den Tälern bediente man sich der Rennfeuer, in denen eine Eisenluppe erzeugt wurde, die durch Bearbeitung mit Hand- und Wasserhammer ein zum Schmieden brauchbares Eisen ergab. Ein solches Rennfeuer stand noch am Anfang des vorigen Jahrhunderts in Steinbach bei Liebenstein im Betrieb. Aus den Rennfeuern entstanden durch Erhöhung der Feuer die kleinen Schachtöfen und hieraus der Stückofenbetrieb, in der Herrschaft Schmalkalden als Betrieb im kleinen Blase-, Blah- oder Blauofen. „In diesen wurde unter schichtenweiser Aufgabe von Holzkohlen und Eisenerz bei Gebläsewind eine halbfertige Luppe, der sog. Guß, geschmolzen und von Zeit zu Zeit, wenn genügendes Material angesammelt, aus dem unteren Ofenteil ausgebrochen, um sie dann in besonderen Feuern, den sog. Löschfeuern (in Kohlenlöschhergestellten Gruben), unter Windzuführung vollständig in schmiedbares Eisen umzuwandeln. Bei diesem Prozeß fand zum ersten Male eine Trennung zwischen Schmelzerei und Frischerei statt, die sich in Zukunft immer mehr herausbilden sollte. Die Löschfeuer waren die Vorläufer der eigentlichen Frischherde, welche man auch bei der frühesten Erzeugung von Stahl noch nicht kannte. Übrigens mag sich erst in dieser Entwicklungsperiode eine Unterscheidung von Schmiedeeisen und Stahl in solcher Weise herausgebildet haben, daß man den Prozeß absichtlich entweder auf Erzeugung des einen oder anderen Produktes hinleitete“¹⁾.

Wie schon erwähnt, sind die urkundlichen Mitteilungen über Bergbau und Hüttenbetrieb in der Herrschaft Schmalkalden spät und spärlich. Im Jahre 1216, desgleichen 1226, verlieh Kaiser Friedrich II. dem Grafen Boppo von Henneberg zwei Salz- und Bergwerksprivilegien²⁾, deren Bestätigung dann 1309 durch Kaiser Heinrich VII. und später König Ludwig IV. erfolgte.

Am 28. Januar 1348 wird ein Eisenhammer im Laudенbach (oberen Tale der Truse) urkundlich erwähnt, indem nämlich Gräfin Jutta von Henneberg dem Heintze von Moykisleybin gestattet, „den hamir, der gelein ist in der Lutinbach“, deren Inhaber Heintze Tringke ist, für 20 Pfund Heller dem Schmalkalder Kollegiatstift wiederlöslich zu verkaufen, und in einer Urkunde vom 7. Januar 1349 wird ihm gestattet, daß er auch die davon jährlich zu entrichtenden 2 $\frac{1}{2}$ Pfund Heller für 25 Pf. dem Stifte verpfänden darf³⁾. Nachrichten über die Eisensteinbergwerke erhalten wir erst wieder aus dem Jahre 1460 über den sehr alten Bergwerksbezirk zu Atzerode⁴⁾, und Häfner veröffentlicht eine Bergordnung von 1474 für Suhl und Steinbach, aufgestellt von dem Bergmeister Valentin König⁵⁾.

¹⁾ Fulda, Über den Schmalkalder Bergbau, S. 10. ²⁾ Henneberger Urkundenbuch I, 18—19, 43, 90. ³⁾ Henneberger Urkundenbuch II, 77—78. ⁴⁾ Henneberger Gem. Archiv in Meiningen III, A. II, 10 (Knetsch). ⁵⁾ Häfner, Die 6 Kantone der vormaligen Herrschaft Schmalkalden. Schmalkalden 1810. II, 35.

Der Schleifkoten wird zuerst in dem Testament des Heinrich Hemmer vom Jahre 1422 Erwähnung getan, zwei lagen in Schmalkalden vor dem Weidebrunnertore, die dritte, die Siechenkote, stand am Siechenteich vor dem Auertore¹⁾, und diese, „benyder dem sichuse“, wurde am 8. Januar 1448 von Hans Toppher und seiner Frau gegen einen jährlichen Erbzins von 1 Schock Groschen und 24 Groschen schmalkaldischer Währung dem Hans Nyvorgals verliehen²⁾. In einer von Hessen und Henneberg im Jahre 1486 für Schmalkalden aufgestellten Polizeiordnung finden sich auch Anordnungen für die Hammer- und Klingenschmiede³⁾.

Nach dem Lehnsbuche des Landgrafen Wilhelm des Mittleren von Hessen erhielt am 12. Juli 1493 Hans Kammerforst von Mühlhausen den Hopfberg bei Aue im Amt Schmalkalden mit seinem „Umfang, Begriff und Erbstollen“ zur Errichtung eines neuen Bergwerks „es sei golt, silber, kopfer oder ander metall“⁴⁾.

Gegen Ende des 15. Jahrhunderts wurde bei Trusen am Kirchberg und am Zickshauck ein Bergwerk aufgetan⁵⁾. 1495 wurden die Schmalkalder Bürger Hans Ludewig, Peter Judt, Peter Beder, Hans Oley, Andres Mulner und Hans Schmalwasser mit dem Eisenbergwerk im Amt Wallenburg von der Laudenbach bis an der Scherschmiede Weg von dem Grafen Wilhelm von Henneberg belehnt⁶⁾.

Seit 1522 war Lehnsinhaber des Schlosses Wallenburg und der dazugehörigen Bergwerke der Ritter Christoph Fuchs. Haus und Bergwerk zu Wallenburg kamen um die Mitte des 16. Jahrhunderts an Eytel von Boyneburg, unter ihm hatten (vor 1593) Johann und Claus Merkel und Blasius und Johann Clemen vier Gebiet als Erblehen inne, und zwar in dem Stahlberg auf der Erzschilden, genannt auf dem tiefen Wasserschacht, im Wallenburgischen gelegen. Seit 1593 tritt, nachdem die Wallenburg an Hessen gefallen, der Landgraf von Hessen als Lehnherr auf. Von der Erzschilden hören wir 1506 zum erstenmal bei Gelegenheit eines Streites wegen des Bergzehnten im Stahlberge zu Atzerode-Atzeswinden⁷⁾. 1516 werden als Lehnsträger auf dem Stahlberg genannt: Kunz Leffler, Hachgelstein der Alte, Hans Beyer (diese arbeiten schon länger als 60 Jahre dāselbst), Melcher Merckel, Matthis Merckel, Hans Clemen und Karges Wilhelm.

„Unter dem Kolberg im Wibelsende, alzo wo es nymandt hindernis thut adder sunst yemandt darinnen begriffen mit gerechteßeyt“ wurde 1517 ein Eisenbergwerk aufgetan und Jakob Hentingk, Hans Slechtwegk und Wiezel und Valten Volker damit belehnt⁸⁾. 1519 erwarben von Hessen George Pfarrherr, Chorcherr zu Schmalkalden, Meister Hans Gretzwascher, Ebert Ortle und Peter Koler nebst anderen Mitgewerken die Berggerechtigkeit im Kuhberge bei Asbach, um Kupfer zu gewinnen⁹⁾. Dieses Kupferbergwerk gelangte erst Ende des Jahres 1570, nachdem eine neue Gewerkschaft den Abbau stark vergrößert hat, zu reicherer Ertragsfähigkeit¹⁰⁾. Die Eisenbergwerke in der Mommel¹¹⁾ und am Ringberg¹²⁾ werden 1536 und 1569 erwähnt.

Die Gewinnung und Verhüttung des Eisens wurde die Veranlassung für die Entwicklung der Schmalkalder Kleiseisenindustrie, von der die weltbekanntesten „Schmalkalder Artikel“ verfertigt wurden. Welche Bedeutung diese industriellen

¹⁾ Häfner: Die 6 Kantone der vormaligen Herrschaft Schmalkalden. Schmalkalden 1810. II, 162. ²⁾ Staatsarchiv Marburg. ³⁾ Häfner, II, 198. ⁴⁾ Staatsarchiv Marburg, Lehnbuch des Landgr. Wilhs. d. M., Bl. 27—28 (Knetsch). ⁵⁾ Henneberger Gem. Archiv III, A. II, 2. ⁶⁾ Ebenda VII, A. III, 212. ⁷⁾ Staatsarchiv Marburg, Abteilung Henneberg (Knetsch). ⁸⁾ Staatsarchiv Marburg. ⁹⁾ Ebenda. ¹⁰⁾ Geisthirt, Hist. Schmalkaldica I, S. 22. ¹¹⁾ Henneberger Gem. Archiv III, A. II, 21. ¹²⁾ Ebenda III, A. II, 10.

Betriebe: Bergbau, Hüttenwerke und Kleineisenindustrie für die Bewohner der Herrschaft seit Jahrhunderten gehabt haben, und wie weit die Arbeitsteilung in der Eisenstadt Schmalkalden, die ein Humanist (Stigelius) scherzhaft „*monticula Chalcis*“ oder „*Vulcania regia*“ nannte¹⁾, schon im 15. Jahrhundert fortgeschritten war, ersieht man aus den im Anfang des 15. Jahrhunderts schon fest gewordenen Familiennamen der Stadt:

Smyd, Messersmyd, Schernsmyd, Huffesmyd, Pfansmid, Kleinsmyd, Waffensmyd, Hammersmyd, Klingensmyd, Borersmyd, Kammensmyd, Nagelsmyd, Hammer, Swingenhammer, Bochhammer, Messer, Meysel, Sleyl (Slegil), Ael (Ahl), Pingkernayl, Spitznayl, Recknagel, Rundnagel, Notnagel, Gigennagel (Gegennael), Pfannstiel, Swertfeger, Sensseler, Sloßer, Leffeler (Loffeler), Nayler (Nagler), Klingenetzer, Sliffer, Spengler, Steinbrecher, Zeiner, Holtschuer, Kangießer (Kandelgießer), Kesseler, Kesselring, Drifuß, Eisengeschier, Kohler, Bergmann, Aschenborner, Kupfermann²⁾).

Die Stellung und Bedeutung des Handwerks und der Zünfte in der Herrschaft Schmalkalden sind von denen des Hauptlandes, der Landgrafschaft Hessen, stets verschieden gewesen.

Während dort, wo eine fleißige, einfache, aber doch selbstbewußte Bevölkerung mit großer Mühsal den wenig fruchtbaren Boden bearbeitete, sich ein kraftvolles Zunftwesen kaum entwickeln konnte, sehen wir hier durch den Reichtum an Rohmaterialien für das Eisen- und Stahlgewerbe gerade das Umgekehrte. Durch die größere Zahl der Zünftigen, durch die von den Zünften vertretenen zunftgenössischen Interessen, dann aber auch durch ihr Hineingreifen in das soziale Leben der Genossen kamen die Zünfte hier zu großer Bedeutung und Einfluß, und es entfaltete sich ein vielseitiges, kraftvolles Leben. Als eine Folge dieses ehemals so stark ausgeprägten Zunftwesens ist die teilweise heute noch in Erscheinung tretende örtliche Begrenzung der einzelnen Zweige der Kleineisenindustrie anzusehen. So wird in der Stadt Schmalkalden und ihrer nächsten Umgebung die Ahlen-, Bohrer-, Striegel- und Löffelfabrikation, die Zweck- und Zeugschmiederei hauptsächlich ausgeübt, während in Steinbach-Hallenberg und dem Steinbacher Grund das Nagelschmiedegewerbe und die Herstellung von Kurzwaren betrieben wird; in Brotterode und Kleinschmalkalden ist die Fabrikation von Geschirrsachen, sog. Sporerarbeiten (Ringe, Trensens, Schnallen) zu Hause.

Besonderes Ansehen genoß das Handwerk schon im Mittelalter in der Stadt Schmalkalden. Zum Schutz des bürgerlichen Handels und Gewerbes verordnete im Jahre 1333 im Verein mit seinem Sohne Graf Berthold der Große von Henneberg, daß kein Edelmann ein Handwerk oder irgendein kaufmännisches Geschäft betreiben dürfe³⁾. Nach dem Achtsbrief des Kaisers Ruprecht gegen die Stadt Schmalkalden vom Jahre 1408 bestanden damals schon vier Zünfte der Eisenarbeiter, nämlich Stahl- und Schwertschmiede, die Klingenschmiede, die Messerer und die Sichelschmiede; jede Zunft zählte vier Meister, die namentlich aufgeführt werden⁴⁾. 1420 werden die Schlosser und Ahlenschmiede als Zünfte erwähnt⁵⁾, 1465 und 1487⁶⁾ treten zu den genannten Zünften die Kleinschmiede, die Hufschmiede als geschlossene Innungen hinzu, 1550 die Neberschmiede (Nabe-, nebe-

¹⁾ Geisthirt I, 34, 35. ²⁾ Vgl. Knetsch, Die Schmalkalder Stahlschmiede im 16. Jahrhundert. (Zeitschrift des Vereins für Henneb. Gesch. u. Landeskunde in Schmalkalden, Heft XVII.) ³⁾ Henneberger Urkundenbuch IV, 9 u. 10. ⁴⁾ Schmalk. Stadtarchiv. ⁵⁾ Henneberger Gem. Archiv. ⁶⁾ Stadtarchiv.

gêr = spitzes Eisen zum Umdrehen, „Bohrer“; entstellt: nage-, negeber, -bor, neper. neber), 1551 die Löffelschmiede¹⁾. Die Scherschmiedezunft wies 1553 11 Meister auf.

Trotz der schon erwähnten, 1360 beginnenden Doppelherrschaft zwischen Hessen und Henneberg gelangte die Stadt, ausgenommen einige Jahrzehnte nach der Achtserklärung, vom 15. bis Anfang des 17. Jahrhunderts zu hoher Blüte.

Dank der Geschicklichkeit und des Fleißes tüchtiger Handwerker, des geschäftlichen Weitblickes vorwärtsstrebender Handelsleute, welche in die entferntesten Länder ihre Artikel ausführten, nahm die Industrie einen starken Aufschwung. Als Absatzplätze galten hauptsächlich Nürnberg und Leipzig, dann auch Erfurt und Mühlhausen in Thüringen. Besonders waren es die Messerschmiede, die überall im Lande zu finden waren und die Märkte in Kassel, Coburg, Fulda, Frankfurt, Worms, Naumburg und Würzburg fleißig besuchten. Im 17. und 18. Jahrhundert waren es die Seestädte Hamburg und Bremen und die holländischen Handelsplätze, in denen die Schmalkalder Kaufleute ihre Niederlagen hatten. Der Wohlstand wuchs, mit ihm, wie Nachrichten aus jener Zeit uns kundgeben²⁾, die Üppigkeit und der Luxus, so daß schon Graf Wilhelm von Henneberg 1517 eine Kleiderordnung erließ, durch welche er der übertriebenen Putzsucht zu steuern suchte.

Mit dem Wachsen des Wohlstandes durch die blühende Eisenindustrie stiegen naturgemäß auch das Ansehen und der Einfluß der Zünfte. Sie bildeten vereint eine besondere Körperschaft, die gewöhnlich mit den nicht zu den Ratsverwandten gehörenden Bürgern, der Gemeinde, dem Rate gegenüber gemeinsame Sache machte, für sich aber das Recht voller Freiheit in Anspruch nahmen und ihren besonderen Platz zwischen Rat und Gemeinde längere Zeit behaupteten. So bestätigten die Landgrafen Ludwig und Heinrich von Hessen 1458 den Ratsmeistern, Rat, Handwerkern und der ganzen Gemeinde zu Schmalkalden deren hergebrachte Rechte und Freiheiten³⁾. In einem 1473 zwischen den beiden Bürgermeistern und dem Rat einerseits, den Zünften und der Gemeinde andererseits ausgebrochenen Streite unterschrieb die Bürgerschaft die in ihrem Namen aufgesetzten Schriftstücke⁴⁾: „Wir, alle Handwerker und Gemeine der Stadt Schmalkalden“, und ein städtische Angelegenheiten betreffendes Schreiben aus dem Jahre 1489 hat die Unterschrift: „Der Rat, alle Handwerke und ganze Gemeinde zu Schmalkalden“⁵⁾. Man sieht hieraus, zu welchem Ansehen die Zünfte damals gelangt waren. Von nun an ging es mit der Macht und der Selbständigkeit der Zünfte abwärts. Die ersten Jahrhunderte der Neuzeit sind, wie überall im deutschen Lande, auch hier in Schmalkalden, ausgefüllt mit Kämpfen der Territorialmacht mit den städtischen Gewalten zur Schaffung eines einheitlichen Staatskörpers. Die Stadt als Wirtschaftsgebiet war allzeit bestrebt, für sich und das umliegende Land den Kreis der wirtschaftlichen Verhältnisse selbständig zu ordnen.

Eine der wichtigsten Körperschaften der Stadt waren nun die Zünfte, die zwar von der Stadtobrigkeit beaufsichtigt wurden, ihre Geschäfte und Angelegenheiten aber selbständig verwalteten und, wenn auch in engen Grenzen, die Rechtsprechung in Handwerksachen ausübten. Bei dem Bestreben der Staatsgewalt nach einem einheitlichen wirtschaftlichen Staatsgebiete, das auf ein Aufgehen der Stadt- in die Territorialwirtschaft hinzielte, mußte naturgemäß auch die Selbständigkeit der Zünfte fallen, und so sehen wir denn auch hier in Schmalkalden, daß mit den alten Rechten der Stadt auch die der Handwerke arg beschnitten wurden.

¹⁾ Stadtarchiv. ²⁾ Geisthirt IV, 19. ³⁾ Häfner II, 154. ⁴⁾ Henneb. Gem. Archiv, Sekt. VI G, Nr. 21. ⁵⁾ Ebenda, Sekt I FF, Nr. 175 C.

Durch die Teilnahme der Stadt an dem Bauernaufstand 1525, wobei sich auch besonders die Handwerke hervortaten, verlor sie viele ihrer alten Rechte: aber auch die der Zünfte wurden mehr und mehr eingeschränkt. In dem vierten Punkte der von den beiden Fürsten aufgestellten Reformation der Stadt bestimmten sie, daß der Rat fernerhin nicht mehr befugt sei, mit den Handwerkern und Zunftmeistern ohne Zustimmung der Schultheiße zu verhandeln und Beschlüsse zu fassen¹⁾. Um die Mitte des 16. Jahrhunderts finden wir unter den miteinander verbundenen Zünften einen starken Drang nach Trennung, ein anhaltendes Fortschreiten der Arbeitsteilung. 1550 trennten sich die Nagelschmiede (Hohnnagelschmiede) von den Hufschmieden, mit denen sie bisher in einer Innung vereinigt waren, und verbanden sich mit den Flaschenschmieden zu einer Zunft²⁾. Nach mancherlei Kämpfen gelang es auch den Hackmesser- und Schnittemesserschmieden, im Jahre 1556 eine eigene Zunft zu bilden³⁾; sie blieben jedoch in einem gewissen Abhängigkeitsverhältnis zu der Zunft der Hufschmiede, welche eine Reihe anderer Innungen der Eisenarbeiter in sich schloß. Aber das Verlangen nach Arbeitsteilung wurde immer stärker, die Ratsprotokolle der Stadt sind angefüllt von Verhandlungen über Trennung der bisher verbundenen Zünfte und deren Kompetenzen.

So bestimmte 1550 der Schmalkalder Stadtrat⁴⁾:

„Die neberschmied haben zu machen: neber, seggen, zirkel, zangen, feyln, schmideisen, höfeleisen, allerlei meissel, allerlei schrauben und allerlei gefeilte hämmer,

die hufschmiede haben zu machen nach laut irem alten handwergsbrief: allerlei negel, klein oder groß, huffhämmer, hoiltschu, biel, barten, querwoffen, hackmesser, schnitmesser, werckmesser, gnyffe, konnen, gleffysen und spißysen, sensen, pfann und kelln, groß und klein band, hacken, hepen, nubel (Hobel ahd. nuowie) gabeln, misthacken, röst, dryfueß und reffen, auch große seggen, große börer, nefiger, meissel und allerlei huffwerck, was das so großen namen haben mag, allerlei der gattung, sondern von pfler und rullen an zyleboltz und anderen desgleichen mag ein iglicher machen zu nöthen, angeverde.“

Und kurze Zeit darauf wurden folgende Veränderungen und Zusätze gemacht:

„so sollen die huffschmiede macht haben zu machen: allerlei schynnhemer, podenhemer, döllhemer und deckhemer, aber keine niedhemer noch gefeilte hemer; item: kleine oder große huffzangen etc., aber keine geschlossene Zangen, noch byßzangen, es sei denn, was einer zu seiner notturfft bedurfftig, aber die zu verkeuffen nicht macht haben; desgleichen sollen die huffschmiede baurhmeissel und baurnzangen auch zu machen haben. Die band belangende ists gemacht, daß sie die hockenband auch zu machen sollen haben, aber umgeschossen, ohne schwalbenschwenzlin etc. So soll inen auch nicht gepuren, die band rot zu machen, sondern sollen gepichte band machen. Desgleichen ist beschlossen, daß die huffschmiede kein wagenbalken machen, der am eisenwergk unter eine halben zentner wegete . . .“

Ebenso versuchten (1583)⁵⁾ die Schnittemesser-, Sichel-, Waffen- und Hufhammerschmiede eine Trennung von der Hufschmiedezunft, die 1554/55 59 Meister und Meisterwitwen umfaßte, herbeizuführen, und zwar „also, daß hinfüro sie gedachte vier handwerge, als welche schleiffwahr machen, allein, und die hufschmidt, auch allein sein sollen⁶⁾“. Aber erst im Jahre 1601 kam eine Scheidung zustande.

¹⁾ Geisthirt III, 119. ²⁾ ³⁾ ⁴⁾ ⁵⁾ ⁶⁾ Stadtarchiv.

Damals umfaßte die Hufschmiedezunft folgende 40 Eisenarbeiter¹⁾:

Hufschmiede	12 Meister	Spießmacher	4 Meister
Hack- u. Schnittmesserschmiede	9 „	Hufhammerschmiede	2 „
Sichelschmiede	5 „	Segenschmiede	1 „
Pfannschmiede	4 „	Bielschmiede	3 „

Auch die schon 1408 urkundlich erwähnte angesehene Zunft der Klingenschmiede lag mit den von ihr abhängigen Messerern in dauerndem Streit. Sie umfaßte 1601 und 1647 je 28 Meister, 1714 dagegen 54 Meister und 2 Witwen²⁾.

Aus dem bisher Angeführten ist zu ersehen, welche Bedeutung die Kleineisenindustrie für die Stadt Schmalkalden und den ganzen Kreis gehabt hat und noch hat. Um die Mitte des 16. Jahrhunderts hat die Stadt eine Einwohnerzahl von etwa 5000 gehabt, zu derselben Zeit wurden daselbst 239 Meister und 24 Witwen gezählt, unter denen sich allein über 196 Meister und 29 Meisterswitwen der Kleineisenindustrie befanden³⁾. Hierbei fehlen noch die Betriebe der Klingenschmiede und der Schlosser. Mit Recht konnten daher 1570 die hessischen Beamten in Schmalkalden in einem Bericht an den Landgrafen in Kassel schreiben⁴⁾: daß in Schmalkalden „fast bei 300 werckstetten an stal- und gemeinen, borer, neber, klingen, flaschen, messer, leffeln, alen oder seuken, pfannen, huf, kannen, nagel, klein, sichelschmieden“ vorhanden seien, „von denen wird die ganze statt erhalten und der furmann, acker- und bauermann, der koler, der becker, schuster und schneider und was mehr von handwerck in der statt, hat seine nahrung von denselben.“ 1578 waren 270 Schmieden im Betrieb⁵⁾, und 1647 betrug die Leistung der Klingenschmiede wöchentlich (vom 16.—21. August) 20350 Klingen, die von 36 Messerschmieden verarbeitet wurden⁶⁾.

Auch die Herstellung von gußeisernen Öfen wurde in Schmalkalden betrieben:

In dem Schlosse Wilhelmsburg in Schmalkalden befinden sich 2 eiserne Öfen, die nach einem Briefe des Erbauers, des Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen, vom 24. Oktober 1585 im Schmalkaldischen gegossen worden sind. Der Fürst befiehlt dem mit dem Bau betrauten Meister Christoph Müller, die Formen für 12 kleinere Öfen nach Schmalkalden kommen zu lassen, wo dann wohl der Guß vorgenommen werden soll. Es ist bis jetzt nicht gelungen, den Ort, wo die Gießhütte gestanden, festzustellen, doch sollen früher Ofenplatten aus jener Zeit mit der Angabe Brotterode als Gußort vorhanden gewesen sein.

Die durch die wirtschaftlichen Tatsachen in Deutschland auftretenden Erscheinungen, welche zu einer allmählichen Umgestaltung und zum Zerfall der Zünfte führten, beobachten wir auch im Schmalkaldischen. Während sich die älteren Satzungen der Zünfte meistens mit der Regelung der Konkurrenz begnügten, enthalten die des 16. Jahrhunderts — ich lege hier die Handwerksordnung der Ahlen-, Löffel-, Nagel- und Flaschenschmiede und der Spengler vom Jahre 1566, welche zusammen eine Innung bildeten, zugrunde — Bestimmungen, die das Meisterwerden auf alle mögliche Weise erschweren sollten⁷⁾.

Gleich im ersten Teil „Meisterwerden“ wird die Geburt von frommen und redlichen Eltern verlangt. An dieser Vorschrift wurde allzeit sehr festgehalten. Als im Jahre 1554 das Chorherrenstift in Schmalkalden verweltlicht wurde, verlangte

1) Stadtarchiv. 2) Landesbibl. Kassel, Manusc. Hass. Fol. 153. Geisthirt III, 21.

3) Landesbibl. Kassel, Memorabilia historiae Smalcaldensis. 4) Staatsarchiv Marburg.

5) Landesbibl. Kassel, Manusc. Hass. 804. 6) Stadtarchiv. 7) Stadtarchiv. (Abschrift des Zunftbriefes.)

der Graf Georg Ernst von Henneberg von den Chorherren, die sich einer großen Nachkommenschaft erfreuten, daß sie ihre „Köchinnen“ heiraten sollten. Die Kinder der sich Fügenden sollten dann die Rechte ehrlich Geborener erhalten und damit in erster Linie die Zunftfähigkeit. Dagegen erhoben die Zünfte entschieden Einspruch, und die Messer- und Schlosserzunft baten in einer schriftlichen Eingabe den Grafen, daß er sie mit den Pfaffenkindern verschonen möchte.

Weiter wird in den Satzungen die Vorlegung des Lehrbriefes über eine dreijährige Lehrzeit, das Bürgerwerden und der Besitz eigenen Werkzeuges gefordert. Als Eintrittsgeld sind zu zahlen 6 Gulden, wovon das Handwerk ein Drittel erhält, die übrigen zwei Drittel fallen den Schultheißen der beiden Landesherren und dem Stadtrat zu, weiter 20 Gnacken in den Gotteskasten. Der Meistersohn ist davon befreit, er entrichtet 1 Gulden zum Vertrinken und 10 Gnacken für den Gotteskasten. In späteren Zeiten stiegen die Ausgaben, um den Gesellen das Meisterwerden zu erschweren, ins Ungeheuerliche; so klagt in einer Eingabe vom 12. März 1764¹⁾ der Messerschmied Joh. Balthasar Friedrich, daß das Meisterwerden 30, 40, 50, 100 Reichstaler koste, „und dieses wird in ein paar Stunden verzehret, und ein solcher anfänger gleich im Anfang in armuth gestürzt“.

Als Meisterstück der Ahlenschmiedegesellen wird bestimmt:

$\frac{1}{4}$ Hundert Stechahlen, $\frac{1}{2}$ Hundert Bauernahlen, $\frac{1}{4}$ Hundert Löschahlen. Diese sind in einer fremden Werkstatt, in Gegenwart zweier Meister, in einem Tage, ohne fremde Hilfe, ausgenommen ein Zuschläger, anzufertigen. Die Nagelschmiede, welche in zwei Tagen 100 große Bandnägeln mit hohlen Köpfen, 300 Hellebartennägeln und 300 gestampfte Nägel („alles fein nette wahr und kaufmannsgut“) herzustellen hatten, mußten vorher ihr „Gezeug“ machen: „Stutzel und Stampfel usw.“.

Eingehende Bestimmungen werden über die Zeichen (Warenzeichen) erteilt. Ein jeder Meister muß ein Zeichen führen, und heute sind die Zeichen aus alter Zeit, welche bei einigen Familien in das Familienwappen übergegangen sind, noch gang und gäbe.

Die Lehrzeit dauerte 3 Jahre, das Aufnahmegeld betrug $1\frac{1}{2}$ Gulden den Herren und dem Handwerk, 10 Groschen in den Gotteskasten und 12 Gnacken dem Handwerk zum Vertrinken. Als Probezeit waren 8 Tage festgesetzt.

Ein Meister durfte nur 2 Gesellen halten, der Nagelschmiedemeister hatte das Recht auf 3 Gesellen. Es folgt dann eine Aufzählung der „gemeinen Bußen“, welche die Zunft auferlegen darf. Die Geldstrafen gehören den Herren und dem Handwerk nach der schon erwähnten Teilungsart. Am Schluß erfolgt die Versicherung des Schutzes durch die Obrigkeit, dabei folgt der Vorbehalt, „dieße ordnung vnd Satzungen in einem oder mehr Puncten nach notturft, erforderung vnd gelegenheit der Zeitt zu mindern, zu mehren vnd dieselbigen aufzuheben, newer zu machen vnd andere zu geben, alles nach deme es, wie gemeldet die notdurfft erheischen vnd vnsern Nachkommen gutt sein wird, getreuwlich vnd ohne gefehrde“. Aus den später erfolgenden, von den Meistern beantragten Abänderungen spricht überall das Bestreben der Zünfte, durch Erschweren der Mitgliedschaft ihren Genossen auf alle mögliche Weise die „Nahrung“ zu sichern.

1574 klagten die Löffelschmiede²⁾, „das sie nitt mehr zu bleiben wüsten, sondern schier alle mit dene andern mit weibe vnd Kind an bettelstabe gerathen müsten“. Sie verlangen, daß der Preis für 1 Schock Löffel bei einem einheimischen „Verleger“ auf 18 Gnacken, bei einem fremden auf 19 Gnacken festgesetzt werde³⁾.

¹⁾ Henneberger Archiv in Schmalkalden.

²⁾ ³⁾ Stadtarchiv.

Ihr Gesuch findet Erfüllung. 1583 bitten sie, daß die Meister angehalten werden, jede Lieferung an die Handelsleute sofort den Schaumeistern zu melden, damit diese Anzahl, Größe und Preis nachprüfen können, und 1592 fordern sie, daß ein Meister nicht mehr als 12 Schock Löffel in der Woche anfertigen darf. Die Arbeitszeit soll von morgens 3 Uhr bis abends 6 Uhr dauern. Auch die Ahlenschmiede erhalten in demselben Jahre genaue Bestimmungen über Größe, Gewicht, Härte und Preise der Ahlen. Um das Meisterwerden möglichst zu erschweren, wird ihnen 1625 auf ihr Ersuchen gewährt, daß das Lehrgeld 6 fl., die Lehrzeit 3 Jahre betragen soll, auch muß sich der Lehrling verpflichten, noch ein viertes Jahr als Geselle bei dem Meister zu arbeiten, der Meister hat 3 Jahre zu warten, bevor er einen neuen Lehrling aufdingt, die Wartezeit der Gesellen auf das Meisterwerden wird auf 10 Jahre festgesetzt. Um den Zuzug von außen zu unterbinden, wird 1641 bestimmt, daß das Meistergeld für einen auswärtigen Gesellen 18 Gulden (bisher 9 fl.) betragen soll.

Die wichtigste und angesehenste unter den Schmalkalder Zünften war die der Stahlschmiede, von denen in dem Achtsbrief von 1408 schon vier Meister aufgeführt werden. 1461 bestätigen die fürstlichen Beamten — Bürgermeister und Rat — den von den Stahlschmiedemeistern ihnen vorgelegten Zunftbrief. Die Arbeit der Stahlschmiede war in ihren ersten Anfängen höchst einfach, aber außerordentlich mühsam. Das in den kleinen Öfen gewonnene rohe Stahleisen, später Rohstahleisen genannt, „wurde dann unter blutsaurer, schwerer und harter Arbeit“ mit dem Fausthammer bearbeitet, also zu Stahl gefrischt. Der Schmalkalder Chronist Geisthirt berichtet, daß die dabei benutzten kleinen Öfen in großer Anzahl auf dem Schmiedhofe in Schmalkalden im Betrieb gewesen seien. Den Eisenstein schmolz man in einem in der Mitte der Stadt gelegenen, allen gemeinsamen Ofen, wohl an der Stelle, die heute die Salzbrücke heißt, früher „auf der Hütte“ genannt wurde. Dort stieß man vor einigen Jahren bei Errichtung des Neubaus der Firma Friedrich Michel ungefähr 2 bis 3 m tief unter dem Pflaster auf Schlacken und fand alte Löschfässer und mächtige Amboßstöcke.

Mit dem Wachsen der Produktion erbauten die Stahlschmiede einen das ganze Jahr in Tätigkeit bleibenden größeren Schmelzofen vor dem Reiherstor, zu dem später ein weiterer unter dem Dorfe Weidebrunn kam¹⁾. Diese Öfen wurden von den Stahlschmiedern, da wie der Bergbau auch der Hüttenbetrieb in Schmalkalden gewerkschaftlich organisiert war, der Reihe nach in Benutzung genommen. Das Handwerk gelangte infolge der in den Zunftbriefen gewährten großen Vergünstigungen und der festgesetzten Regelung des Arbeitsverhältnisses zu großer Blüte und großem Ansehen, die Zahl der Hämmer, die sich hauptsächlich im Besitze der Familien Clemen und Merkel befanden, wuchs und mit ihr der Wohlstand der Inhaber, besonders als gegen Ausgang des 15. Jahrhunderts an Stelle der Handarbeit die Wasserkraft trat. Diese Errungenschaft war das Werk des aus Freiburg i. S. nach Schmalkalden gezogenen Joh. Clemen. Um die Mitte des 16. Jahrhunderts bestanden 12 Stahlhämmer. Eifersüchtig hielten die Meister darauf, daß keine neue Zahl, d. i. die von dem einzelnen nach dem Zunftbriefe erlaubte Menge Stahl, hinzukam, welche sich im 15. Jahrhundert auf 50 und 100 Pfund, in den folgenden auf 150 und 200 Pfund in der Woche belief. Die Stahlschmiede haben sich aber sehr wenig an die Vorschriften der Zunftartikel gehalten. Sie schmiedeten weit mehr, zeitweise bis 6000 Zentner im Jahr, so daß sich der Fürstgraf Wilhelm von Henneberg genötigt sah, um der weiteren Verwüstung der Wälder

¹⁾ Geisthirt I, 24.

vorzubeugen, die Jahreserzeugung sämtlicher Stahlschmiede auf 1200 Zentner festzusetzen. Hierzu war die doppelte Menge geblasenen Stahleisens nötig.

Der alten Stahlschmiedezunft entstand im 16. Jahrhundert in dem hennebergischen Amtmann Hans Steitz eine schwere Konkurrenz. Dieser, eine außerordentlich interessante, zielbewußte, tatkräftige und weitblickende Persönlichkeit, setzte sich kühn über die alten Rechte hinweg und legte eine deutliche Bresche in die alten Zunftschranken. Durch seine Stellung und die Lässigkeit der Stahlschmiede war es ihm gelungen, 1554 von seinem Landesherrn die Belehnung von 3 Teilen des Stahlbergwerks in der Wüstung Atzenroda zu erlangen und hatte, ohne die Einsprüche der Stahlschmiedegewerbe zu beachten, neben 2 Blaswerken 2 Stahlhämmer in Asbach und je einen in Trusen und Kleinschmalkalden angelegt. Der hierdurch entstehende, 20 Jahre dauernde, auf beiden Seiten mit großer Erbitterung geführte Kampf gedieh nicht zum Segen der Industrie, zudem, wie aus den Beschwerden der Zünfte der Kleinfeuerarbeiter von 1570 zu ersehen ist, durch die Massenerzeugung von Stahl die Preise für Holz und Kohlen unerschwinglich geworden und durch die starke Ausfuhr Stahl zeitweise gar nicht zu haben sei. Der Kampf nahm mit dem am 13. Juni 1575 aufgenommenen Stahlschmiederezeß sein Ende. Nach ihm wurden der alten Stahlschmiedegewerkschaft 7 Hämmer mit 12 Feuern und einer Produktion von 2100 Zentnern reinen Stahls, der Steitzschen dagegen die 2 Asbacher Hämmer mit 4 Feuern und 800 Zentnern eingeräumt.

Auf dem Gebiete des Hochofenbetriebes waren Fortschritte gemacht worden. Die kleinen Blau- oder Stücköfen waren, wenn auch bedeutend verbessert, bis an den Anfang des 19. Jahrhunderts im Betrieb und mit ihnen zusammen die Löschefer bei Hohleborn und Steinbach-Hallenberg; in ersterem Ort wurde das langsehnige Löscheferisen zur Herstellung von Draht gewonnen, im Steinbacher Grunde verfertigte man ebenfalls Draht, aber auch in großer Menge das Nageleisen. Wegen der großen Holzverschwendung und der damit verbundenen Verwüstung der Wälder wurden im Jahre 1756 die Löschefer auf Veranlassung des Kammerdirektors von Waitz in Kassel in Steinbach abgeschafft und die neueren Frischfeuer in Benutzung genommen.

Durch die Steigerung der Stahlproduktion war man schon früh neben dem Gebrauch von Stücköfen zu Öfen mit dauerndem Schmelzbetrieb geschritten, durch welchen ein rohes Stahleisen, später Rohstahleisen genannt, gewonnen wurde, das erst durch eine weitere Behandlung zu Stahl gefrischt werden mußte. Nach Quantz¹⁾ bestand ein solcher Ofen des 17. Jahrhunderts aus zwei mit der Basis verbundenen vierseitigen Pyramiden.

Durch die schwedische Stahlfrischmethode in der Anwendung von Frischherden zur Stahlerzeugung gelang die Herstellung eines vorzüglichen Stahles, der in großen Mengen im überseeischen Handel versandt wurde. Der kontinuierliche Schmelzbetrieb fand nunmehr allgemeinen Eingang. Ein großes Verdienst erwarb sich hier der Geheimrat Waitz von Eschen, der 1743 die sog. großen Blauöfen mit rundem Querschnitt einführte, mit denen die viereckige Form des Ofenschachtes allgemein verschwand.

Die allmähliche Umwandlung dieser Schmelzerei in hohe Blauöfen zum späteren Hochofenbetrieb ist ein Werk des zweiten Viertels des vorigen Jahrhunderts.

Was nun den Umfang des Eisenhüttengewerbes anbelangt, so waren, wie schon angeführt, in den frühesten Zeiten 1 hoher Ofen, zu Ende des 17. Jahrhun-

¹⁾ Quantz, Eisen- und Stahlmanipulation der Herrschaft Schmalkalden 1799.

derts deren 3 zur Rohstahleisenerzeugung in Tätigkeit, und im Jahre 1792 zählte man zu diesen noch 7 hohe Blauöfen, durch die Roheisen für die Kaltfrischschmieden erblasen wurde. Dazu traten noch die schon erwähnten 3 kleinen Blauöfen in Hohleborn. Gestattet war behördlicherseits in jenen Zeiten für die Rohstahleisen erzeugenden Öfen ein Schmelzquantum von 6200 Zentnern, für die hohen und kleinen Blauöfen 7000 bis 8000 Zentner im Jahre. Diese Massen durften nur in der Herrschaft verarbeitet werden, und wenn man bedenkt, daß sie durchgängig zu Artikeln von geringem Gewicht, wie Ahlen, Brosten, Zwecken usw., verwandt wurden, so gewinnen sie in ihrem scheinbar geringen Umfange eine außerordentlich hohe Bedeutung für die hiesige Kleineisenindustrie. Um den Mangel an Holzkohlen zu beheben und der Verwüstung der heimischen Wälder Einhalt zu tun, wurden große Mengen an Stahlberger Eisenstein an die Hütten in Luisenthal (Sachsen-Gotha) abgegeben, die dafür Holzkohlen zu liefern hatten.

Der Dreißigjährige Krieg mit seinen fast ununterbrochenen Truppendurchzügen, Plünderungen und Kriegssteuern schlug dem Handwerk schwere Wunden und vernichtete allen Wohlstand. Die Klagen der Zünfte über den Niedergang nehmen kein Ende. Erst unter der Regierung des Landgrafen Carl von Hessen (1677 bis 1730), der eine besondere Vorliebe für die Herrschaft hatte, gelangten das Schmalkalder Gewerbe und der Handel wieder zu hoher Blüte.

Der Fürst nahm sich besonders der Waffenindustrie an, die schon lange in Schmalkalden heimisch war; denn Landgraf Wilhelm IV. von Hessen (1567 bis 1592) bezog seine „Feuerrohre“ von hier. Im Jahre 1687 ließ Landgraf Carl an der Schafgasse eine lange Reihe von Arbeiterwohnungen unter einem Dache errichten, welche im steinernen Erdgeschoße Werkstatt und Stall und im Oberstock die Wohnung enthielten. Diese Häuserreihe, in deren Mitte sich heute noch das Doppelwappen des Erbauers und seiner Gemahlin Marie Amalie, einer Herzogin von Kurland, befindet, gab er 1707 dem Büchenschäfter Johann Schmidt aus Suhl zu Lehen. Dieser hatte schon die Rohr- und Bohrmühle unter dem Heiligen Grabe bei Asbach von dem Fürsten zur Errichtung einer Waffenwerkstätte erhalten.

Um den Zuzug fremder Büchsenmacher, besonders aus Suhl, Zella und Mehliß, zu heben, wurden diese auf 50 Jahre von jeder Steuer befreit. Obiger Betrieb hat nicht lange bestanden. Im Jahre 1745 ging er in den Besitz des hessischen Oberzeugmeisters Matthias Conrad Pistor aus Kassel über, welcher die bekannte, vorzügliche Waffen liefernde Gewerfabrik „Bohrmühle“ erbaute. Diese hat über 100 Jahre bestanden, hatte das Monopol der Waffenlieferung für die hessische Armee und beschäftigte am Ende des 18. Jahrhunderts gegen 140 Arbeiter.

Wie schon erwähnt, brachte die Regierung Carls für Schmalkalden eine glückliche Zeit. Die Stahlgewerke machten besonders gute Gewinne, so daß, wie ein Chronist berichtet, sich ein jeder seine eigene Equipage zulegen konnte. Mächtig hob sich die Ausfuhr an Eisenwaren nach allen Ländern Deutschlands und dem Auslande. Der Rohstahl ging in großen Mengen als Faß- und Stangenstahl über die Seestädte nach England, wo er zur Herstellung von feinen Schneidwerkzeugen Verwendung fand.

Nach dem Chronisten Geisthirt waren zu Anfang des 18. Jahrhunderts nachstehende Betriebe zur Gewinnung, Verhüttung und Verarbeitung des Eisens vorhanden¹⁾:

¹⁾ Geisthirt I, 24.

a) 3 hohe Schmelzöfen, und zwar je einer unter dem Floher Berge, unter Weidebrunn und in Asbach;

b) die 12 Stahlschmiedehämmer der alten Stahlschmiedegewerkschaft, 2 in Floh, 1 am Floher Berge, 2 in Reichenbach, 6 in Schmalkalden und 1 unter Näherstille;

c) die 4 Steitzischen Stahlhämmer in Asbach und der Happelshammer am Floher Berge;

d) 12 Eisenhämmer: 1 in Oberschönau, 1 in Unterschönau, 3 in Steinbach-Hallenberg, 1 in Herges-Hallenberg, 1 in Hohleborn, 1 im Kleinschmalkaldener Grund, 2 in Brotterode, 1 Blechhammer in Schmalkalden und 1 in Steinbach-Hallenberg, wo sich auch ein Kupferhammer befand. Ein Stahlhammer lieferte damals ungefähr 350 bis 400 Zentner jährlich, eine Kaltfrischschmiede 24 bis 30 Zentner wöchentlich, ein Löschfeuer, da hier schon halbfertiges Material zur Verarbeitung kam, 60 Zentner. Im Laufe der Zeit trat ein Rückgang in der Zahl der Frischschmieden ein, dagegen ist ein Anwachsen in der Zahl der Zainhämmer zu beobachten. Im 17. Jahrhundert werden nur 8, im 18. Jahrhundert aber schon 17 gezählt.

An Zünften waren vorhanden:

Ahlenschmiede	74	Meister	
Huf- und Waffenschmiede	8	„	
Lotschlosser	72	„	2 Witwen
Fremdbergschlosser	12	„	1 Witwe
Bohrer und Zangenschmiede	52	„	1 „
Scherschmiede	21	„	
Klingenschmiede	54	„	2 Witwen
Schneidemesserschmiede	8	„	
Feilenhauer	22	„	
Pfannschmiede	3	„	
Löffelschmiede	3	„	
Büchenschmiede	6	„	
Nagelschmiede	4	„	
Messerschmiede	133	„	20 Witwen

Zusammen 472 Meister, 26 Witwen

Nach dem Tode des Landgrafen Carl erfolgte ein schwerer Rückschlag. Sein Nachfolger Wilhelm VIII. (1730 bis 1760) hatte eine Abneigung gegen Schmalkalden und kümmerte sich wenig um die Industrie. Seine im Jahre 1752 eingerichtete herrschaftliche Eisen- und Stahladministration schädigte das Gewerbe auf das Empfindlichste, da sie nicht nur minderwertiges Eisen lieferte, sondern dieses wie auch die Kohlen stark verteuerte. Die Administration ging 1772 wieder ein. Während Wilhelms VIII. Regierung wurden in Schmalkalden 3 Zinkknopffabriken errichtet, die bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts bestanden haben.

Bei dieser schlechten Lage des Handwerks war es ganz natürlich, daß der Versuch Friedrichs des Großen, in den Jahren 1743 bis 49 Ort-, Bohrer-, Zangen-, Messer-, Scheren- und Zirkelschmiede und Lotschlosser aus dem Schmalkaldischen nach Preußen, und zwar nach Neustadt-Eberswalde, zu ziehen, Erfolg hatte. Trotz der Bedrohung mit hohen Strafen verließen eine Anzahl Schmalkalder Handwerksmeister die Heimat, durch den preußischen Agenten Avenarius, der in Mühlhausen seinen Sitz hatte, reichlich unterstützt. Zwei von ihnen, Erbe und

Hilpert, gründeten 1743 in Neustadt-Eberswalde die erste Messer- und Scherenschmiede Preußens¹⁾.

Der Siebenjährige Krieg, in dem die Stadt allein an Kriegskosten 355 176 Taler aufzubringen gehabt hatte, die Hungersnöte von 1770 bis 73, in welchen Jahren die Zahl der Kleinfeuerarbeiter von 396 auf 283 (28 v H)²⁾, und zwar in erster Linie durch den Tod sank, brachten für das Handwerk außerordentlich schwere Zeiten, indem den schon Halbverarmten auch noch ihr Letztes genommen wurde. Die Sperrung des Seehandels während der Französischen Revolution, die unruhigen Zeiten während der westfälischen Herrschaft und die Kontinentalhandelssperre brachten dem Handel mit den Schmalkalder Artikeln, die vielfach über die See gingen, vernichtende Schläge bei, von denen rückwirkend wieder die Handwerker getroffen wurden. Trotzdem waren die Kleinfeuerarbeiter an Zahl seit den Hungerjahren von 283 auf 361 gestiegen, und vergleicht man die amtliche Aufnahme von 1802 mit der von Geisthirt mitgeteilten von 1714, so findet man eine starke Zunahme bei den Ahlenschmieden (74 : 104), welche im Laufe der Zeiten die größte Bedeutung in der Kleineisenindustrie erlangt hatten, und bei den Feilenhauern (22 : 32); dagegen eine starke Abnahme bei den Lotschlossern (72 : 48), Fremdbergern (12 : 5), Scherschmieden (21 : 4), Schnittmesserschmieden (8 : 3), Huf- und Pfannschmieden (14 : 7), Gürtler- und Nagelschmieden (14 : 4), Klingenschmieden (54 : 16), Messerschmieden (133 : 38). Als neue selbständige Zünfte werden angeführt: Nadler und Klempner, Striegelmacher, Grobschleifer und die Zainschmiede.

Im Deutschen Reichsanzeiger von 1802 schreibt ein „Sachverständiger“ über den Niedergang der Schmalkalder Industrie. Die Ursachen erblickt er zunächst in der starken Ausfuhr der Rohstoffe, von denen nur ein Viertel in der Herrschaft verarbeitet werde, drei Viertel dagegen nach dem Auslande gehen. Er weist dabei auf England, das allein durch die Erzeugung von Fertigwaren seinen Reichtum erhalte; Rohstoffe werden dort nicht ausgeführt. Schuld an dem Rückgang trage weiter der Mangel an Holzkohlen und ihr dadurch verursachter außerordentlich hoher Preis, der durch den starken Verbrauch an Holz durch das Salzwerk noch gesteigert würde. Das führe zum Ruin des Handwerks. So wären vor 50 Jahren noch 130 Messerschmiedemeister in der Stadt ansässig gewesen, jetzt (1802) nur noch 30. Er klagt über den geringen vorwärtsstrebenden Sinn der Schmalkalder Meister, die von dem Alten nicht loskommen, die untätig zusehen, wie die Konkurrenz durch rationelle Fabrikation feinere und bessere und doch billigere Ware liefere. Der Fleiß tue es nicht allein. Er beschuldigt die fürstliche Regierung der Untätigkeit. Man richte sich, im Gegensatz zu England und Frankreich, zu wenig nach dem Urteil sachverständiger Leute. Rechtsgelehrte seien keine Sachverständigen in Industriesachen. Einen Beweis gebe das vor Jahren eingerichtete herrschaftliche Eisen- und Blechmagazin, das nur zum Nachteil des Ganzen gewesen sei. Er weist auf das zweckwidrige Erschweren des Meistergrades durch die hohen Kosten, durch die tagelang dauernden Schmäuse hin und schlägt eine Neubildung der Kommerziendeputation vor, in der aber neben den Kaufleuten auch aus jeder Zunft der beste Meister — alle mit gleichem Stimmrecht — seinen Platz haben müsse.

Im Jahre 1807 kam die Herrschaft Schmalkalden an das Königreich Westfalen, dessen Regierung durch das Patentgesetz vom 5. August 1808 die Gewerbe-

¹⁾ Staatsarchiv Marburg. Matschoß, Conrad, Friedrich der Große als Förderer des Gewerbefleißes. Berlin 1912. S. 73 und 74. ²⁾ Stadtarchiv.

freiheit einführt. Diese würde sicher eine Besserung von Handel und Gewerbe herbeigeführt haben, wenn nicht die andauernden Kriege und die Kontinental-sperrung jeden Aufschwung unmöglich gemacht hätten. So heißt es in einer Eingabe¹⁾ der Aktivhändler vom Jahre 1808: „Durch die allgemeine Sperrung des See-Handels liegen auch unsere Geschäfte und Fabriken so darnieder, daß, wenn sich das System nicht bald ändert, sich alle unsere Fabriken auflösen, und Kaufleute und Handwerker müssen auswandern, wenn vorzüglich die letztere Klasse nicht insgesamt an den Bettelstab kommen soll.“ Dann wird bittere Klage geführt über die enormen indirekten Steuern, „welche gar nicht für die ehemalige Herrschaft Schmalkalden passen, indem wir an der Grenze von vierlei Herrschaften liegen, als Gotha, Meiningen, Eißenach und Chursachsen“. Die hessische Regierung hatte $\frac{1}{4}$ Groschen vom Taler Zoll für Eisenwaren aus den angrenzenden Ortschaften erhoben, die westfälische forderte $1\frac{1}{2}$ Groschen, und hierzu traten die Abgaben für das Patent, welches der geringste Arbeiter sowohl, als auch der Gewerker und Kaufmann zu lösen hatte. Die Eingabe weist darauf hin, wieviel schwerer belastet die Aktivhändler in der Stadt durch den daselbst erhobenen Lizent gegenüber den Kaufleuten auf den Dörfern seien, wo diese Abgabe nicht gezahlt werden muß, und zeigt an einem Beispiel, daß bei gleicher Verkaufsmenge die Unkosten in Schmalkalden 477 Taler, dagegen in Brotterode nur rund 8 Taler betragen. Aus diesem Mißverhältnis erklärt sich die Erscheinung, daß der Handel mit Eisenwaren auf einzelnen Dörfern bedeutend höher im Verhältnis war als in der Kreisstadt. Das Verhältnis in der Ausfuhr von Schmalkalder Artikeln zwischen Stadt und Land war 1808 wie 2 : 5.

Mit dem Sturze Napoleons und dem Untergang des Königreichs Westfalen hatte auch für die Gewerbefreiheit die Stunde geschlagen; denn am 5. März 1816 erschien in dem wiedererstandenen Kurhessen eine neue Zunftordnung. Mancher alte Zopf feierte hier seine Auferstehung, trotzdem die mit der Ausarbeitung der Zunftordnung beauftragte Kommission die Frage auf breitester Grundlage prüfte und das Bestreben hatte, „daß aus diesem Institut aller Mißbrauch, alles, was nur allein der Zeit der Entstehung angehört, sowie alle nachteilige Beschränkung der übrigen Stände hinweggeräumt werden muß“. Der daniederliegenden Schmalkalder Industrie konnte die neue Zunftordnung nicht helfen, zudem die ausländische Konkurrenz immer stärker wurde. Ein Gutes brachte die Ordnung: Zwecks Förderung der gewerblichen und allgemeinen Weiterbildung der Lehrlinge wurden in Kassel, Marburg, Hanau, Rinteln, Schmalkalden, Eschwege und Hersfeld Handwerksschulen errichtet, die im Schmalkalder Kreise auch in Brotterode und Steinbach-Hallenberg gegründet wurden. Leider fand in der Folgezeit diese Einrichtung bei den Meistern nicht das Entgegenkommen, was zur Erreichung des gesteckten Zieles unbedingt nötig war.

Wiederholt hat die kurhessische Regierung versucht, dem Verfall der Klein-eisenindustrie zu steuern. Da man sich bei allen Versuchen nur gar oft mit Einzelheiten befaßte, verlor man den Blick für die wahren Gründe des Verfalls und ließ es an durchgreifenden Mitteln fehlen. Unter den Ursachen des Niedergangs der Klein-eisenindustrie führt die Kommission vom Jahre 1825 und 1826 u. a. an:

1. die mangelhafte Erzeugung des Materials und sein zu hoher Preis;
2. den Mangel an Fortschritt in der Warenbereitung sowie das Festhalten der Arbeiter am alten Schlendrian („es sei schwieriger zu erklären, wie ein

¹⁾ Stadtarchiv.

Teil der Schmalkalder Waren Abnehmer fänden, als warum sie keine fänden“);

3. den Mangel an Interesse von seiten der Kaufleute zur Hebung und Vervollkommnung der Warenfabrikation;
4. die fehlerhaften Zunfteinrichtungen;
5. die mangelhafte Benutzung mancher wohlthätiger Einrichtungen von seiten der Handwerker.

Die hessische Regierung versuchte in der Gewerbeordnung vom 14. Februar 1827 nun durch Aufhebung der Schranken zwischen den naheverwandten Zünften, Abschaffung der Feierabende und der Warenschau eine Besserung herbeizuführen. Noch hervorzuheben ist die Bestimmung, welche erlaubte, daß diejenigen Waren-gattungen, die im Kreise Schmalkalden nicht in gehöriger Menge und Güte geliefert würden, ohne Rücksicht auf die zünftige Beschränkung fabrikmäßig angefertigt werden durften, „jedoch dergestalt, daß dieses Vorrechts sich nur derjenige Fabrikant zu erfreuen hat, der den Besitz eines Betriebskapitals von mindestens 5000 Talern dem Oberzunftamt glaubhaft nachweist und mindestens 8 Arbeiter beschäftigt oder deren Stelle versehende Maschinen in Betrieb setzen wird“.

Der Warenschau sollten nur noch die Ahlenschmiede und Büchsenmacher unterworfen sein. Es durfte kein Gewehr bei Meidung der Wegnahme und einer Geldstrafe von 20 Talern in den Handel gebracht werden, „bevor dasselbe durch den vom Oberzunftamt ein für allemal zu bestellenden Sachverständigen auf Kosten des Verfertigers mit doppelter Ladung beschossen und zum Beweise der bewirkten Prüfung mit einem am unteren Teil des Rohres versehenen Zeichen versehen worden ist“.

Durch die in manchen Stücken neuzeitlichen Geist atmenden Bestimmungen, durch die strebsamen Handwerkern freie Bahn geschaffen wurde, und weiter durch den Beitritt Kurhessens zum Deutschen Zollverein schien eine Hebung der Waren-erzeugung einzutreten. Allein die Hoffnung war von kurzer Dauer.

Mancherlei Umstände — der mangelnde Sinn für die Fortschritte der Technik, die scharfe Konkurrenz mit Industriegegenden, denen Steinkohlen zur Verfügung standen, die Steigerung der Holzkohlenpreise in den hessischen Staatswäldungen — führten eine neue Krisis herbei. Die Löhne gingen dermaßen herunter, daß einige Gewerbe-erzweige eingehen mußten, da sie den darin beschäftigten Arbeitern das zum Leben Nötige nicht mehr einbrachten.

Wenn man bedenkt, daß durch die anhaltende Dürre des Jahres 1842 die Preise der Lebensmittel zu drückender Höhe gestiegen waren und die meisten Kleinf Feuerarbeiter, z. B. die Nagelschmiede, bei größtem Fleiße einen Wochenlohn von $\frac{1}{2}$ bis $1\frac{1}{2}$ Taler verdienten, dann kann man sich ein Bild von der Notlage unserer Industrie in der Mitte des vorigen Jahrhunderts machen. Die Folgen dieses wirtschaftlichen Niederganges erfahren wir aus einem Bericht des Kreisamtes zu Schmalkalden aus dem Jahre 1843: „Verbrechen an Personen und Eigentum nehmen in höchst besorglichem Grade überhand, und Gerichts- und Polizeibehörde sind nicht mehr mächtig genug, diesen bedrohlichen Zuständen sichernde Schranken zu setzen. Alle Gefängnisse sind mit Frevlern und Verbrechern überfüllt¹⁾.“

Da endlich erkannte die kurhessische Regierung — leider zu spät —, daß nur durch umfassendere Mittel als bisher Abhilfe geschaffen werden könnte. Mit Rat

¹⁾ Staatsarchiv Marburg.

und Tat ging man den Kleinf Feuerarbeitern zur Hand, förderte die geistige Ausbildung, bewilligte Mittel zur Beschaffung von Maschinen und zur Errichtung von Musterbetrieben, unterstützte strebsame Handwerksmeister und Gesellen, zog geschickte Werkmeister heran und sandte Sachverständige in andere Industriegegenden zum Studium der gewerblichen Zustände.

„Es erben sich Gesetz und Rechte wie eine ew'ge Krankheit fort“, so auch bei den Industriellen der damaligen Zeit. Das tiefgewurzelte Übel ließ sich nicht so schnell, als man sich vorstellte, bannen. Gewiß, die Maßregeln der Regierung waren im allgemeinen den Verhältnissen entsprechend, aber ein sehr wichtiges Moment war außeracht gelassen worden: Weckung des Sinnes der Kleinf Feuerarbeiter für die Maßregeln zur Hebung ihres Gewerbes. Mißtrauen und Widerstand setzte man der Regierung in ihren Bestrebungen entgegen, ja man versuchte es sogar mit Drohungen. Als durch Bezirksratsbeschluß vom 3. Dezember 1849 2000 Taler zur Anlegung einer Musterschmiede und Musterschleiferei bewilligt worden waren, befürchtete die Ahlenschmiedezunft das Auswachsen der Anlage zu einer Fabrik und erlaubte sich in einer Eingabe die drohende Äußerung: „daß der projektierten neuen Anstalt dasselbe Schicksal bevorstehe, welches die Stiffabrik bei Asbach betroffen habe“. Letztere war nämlich 1848 von Nagelschmieden aus Steinbach-Hallenberg und Oberschönau zerstört worden, weil man befürchtete, daß der Betrieb den Nagelschmieden in ihrem Einkommen Schaden zufügen könnte¹⁾.

Wie wenig man den Geist der Zeit erkannt, zeigt eine Eingabe des Gewerbeausschusses des hiesigen Volksvereins vom Jahre 1849, in der neben manchem Beachtenswerten aber der Vorschlag gemacht wird: „die Maschinen mit einer den Kräften der Menschenhände gleichkommenden ersatzmäßigen Besteuerung zu belegen“²⁾.

Daß es unter diesen Verhältnissen und den beengenden Schranken der Zunftordnung, die gerade hier sorgsam behütet und gestützt wurde, nicht vorwärtsgehen konnte, war natürlich.

Um die Mitte des Jahrhunderts machte endlich die hessische Regierung wieder energische Anstrengungen zur Hebung der Industrie. Sie unterstützte wiederholt fleißige, vorwärtstrebende Handwerker durch unverzinsliche Darlehen, gewährte Vorschüsse bei Anlegung von industriellen Betrieben, so u. a. bei Errichtung des Walzwerkes in der Aue 5000 Taler, zum Ankauf einer Ahlbeugemaschine 25 Taler, zur Herstellung einer neuzeitlichen Schleif- und Polieranstalt 250 Taler, eines Kupolofens 400 Taler, zur Verbesserung der Drahtzieherei 500 Taler, einer Musterschleiferei 200 Taler u. a. m. Sie wirkte durch Geldunterstützungen darauf hin, daß an Stelle der Holzkohle die Verwendung der Steinkohle mehr um sich griff und daß die Söhne der Handwerker, deren Gewerbe daniederlag, anderen Industriezweigen zugeführt wurden. Sie stiftete Reisestipendien und gab Prämien für Industrieausstellungen, errichtete Sparkassen, gründete Gewerbekommissionen und ging dem Trucksystem kräftig zu Leibe. Leider kamen alle diese gutgemeinten Maßregeln zu spät. Das Übel saß zu tief. Die Zünfte, von denen nur noch die der Ahlenschmiede, der Nagelschmiede, der Schlosser und Zeugschmiede und der Schnallenschmiede bestanden, waren verknöchert und von ihrem ursprünglichen Zweck, die Förderung der Gewerbekunst, vollständig abgekommen. Jede freiere Bewegung wurde niedergehalten, die vorhandenen Fortbildungsgelegenheiten wenig benutzt, die Fortbildungsschule war den Meistern geradezu verhaßt, weil durch sie

¹⁾ Stadtarchiv. ²⁾ Henneberger Archiv in Schmalkalden.

Lehrlinge und Gesellen auf einige Stunden der Werkstattarbeit entzogen wurden. Hierzu kam, daß durch eine ausgedehnte frühzeitige Kinderarbeit, besonders bei den Nagelschmieden, die Kleinen an Leib und Geist geschädigt wurden.

An metallurgischen Gewerken, Schmelzereien, Hämmern, Bohrmühlen waren um 1850 in der Herrschaft 89 vorhanden. Die Förderung in den 13 Eisensteingruben betrug im fünfjährigen Durchschnitt 23602 Tonnen. Die Eisenwerke förderten durchschnittlich im Jahre: in 5 Blauöfen 35 539 Zentner Roheisen, in 14 Eisenhämmern 15 462 Zentner Stabeisen, in 6 Stahlhämmern 2351 Zentner Stahl, dazu kamen 8 Zainhämmer in Schmalkalden, 16 auf dem Lande, 7 Drahtziehereien, 1 Walzwerk, 1 Reckhammer bei Steinbach-Hallenberg und 1 auf der Bohrmühle und 32 Kotten. Tätig waren in der Metallindustrie: 10 879 Mann (ohne die Hilfsarbeiter: Pocher, Köhler, Fuhrleute, Drechsler und andere Handwerker¹⁾).



Abb. 1. Hochofen „Neue Hütte“ (Happelshütte).

Im Jahre 1866 gab der damals außerordentlich tätige Handels- und Gewerbeverein in Schmalkalden in seinem Jahresbericht für 1864 eine mit viel Fleiß gearbeitete Übersicht über die industriellen Betriebe des Kreises heraus, aus der zu ersehen, daß die Zunahme der Produktion gegen 1850 sehr gering ist.

Die Zeit drängte vorwärts. Die bisher so sorgfältig gehüteten beengenden Zunftschranken kamen zum Zusammenstürzen. Immer schwerer wurde der Kampf mit der ausländischen Großindustrie. Abermals schwere Zeiten brachte der Bruderkrieg von 1866. Um der durch die Arbeitslosigkeit hervorgerufenen Not zu steuern, ließen Kreis und Stadt eine Anzahl öffentlicher Arbeiten ausführen. Mit Kurhessen gelangte auch die alte Herrschaft Schmalkalden an Preußen. Eine neue Zeit begann. Gewerbefreiheit und Freizügigkeit, Maschinen und Eisenbahnen, die Umwandlung der Produktionsmittel führte sie auch für Schmalkalden herauf. Mit dem mächtigen wirtschaftlichen Aufschwung im neuen Deutschen Reiche kamen wieder bessere Tage für die Kleineisenindustrie. Gar manches hatte eine Änderung erfahren; das einst im Kreise in den Hütten- und Hammerwerken

¹⁾ Henneberger Archiv in Schmalkalden.

erzeugte Rohmaterial kam von auswärts, und die in den heimatlichen Wäldern gewonnenen Holzkohlen wurden durch Steinkohlen aus Westfalen ersetzt. Nur ein einziger Hochofen, die 1619 von Hofrat Happel errichtete „Neue Hütte“ (Happelshütte) ist heute noch im Gange (Abb. 1).

Überschaut man heute den Entwicklungsgang der Betriebsformen der Schmalkaldener Kleiseisenindustrie, so findet man den ehemaligen handwerksmäßigen Betrieb, die sich darauf aufbauende Hausindustrie und den neuzeitlichen Fabrikbetrieb. Es ist nicht möglich, bei der ungeheuren Verschiedenheit der Einzelformen, der mannigfaltigen wirtschaftlichen Verhältnisse Grenzen zu ziehen oder gar Begriffserklärungen zu versuchen. Heute noch finden wir den selbständigen Kleinmeister, der unter Einsetzung seiner eigenen Arbeitskraft, ohne Hilfsmaschinen und Arbeitsteilung, je nach Begabung und Fertigkeit bessere oder geringere Waren herstellt. Im Mittelpunkt seiner Fabrikation steht seine eigene Arbeitskraft. Im Gegensatz zu den Großbetrieben gebraucht er zum Vertrieb, zum Absatz seiner Waren, kapitalistische Unternehmer, welche früher, z. B. bei den Nagelschmieden, auch das Rohmaterial lieferten. Dieses ist hauptsächlich in Asbach, Seligenthal, Hohleborn, Brotterode und dem Steinbacher Grunde der Fall.

Asbach ist die Heimat für die Herstellung der Stahlzwecken und der Hämmer, und zwar Haus-, Schuhmacher-, Schreiner-, Sattler- und Kinderhämmer. Die Herstellung erfolgt noch durchweg ohne Maschinen in der Hausindustrie. Nach dem Schmieden, Feilen und Härten gelangen die Hämmer in die Schleiferei, um dann mit Holzstielen, die im Orte angefertigt, versehen zu werden. Das Zweckschmiedehandwerk war zur Zunftzeit mit der Ahlenschmiedezunft vereinigt. Die Herstellung von Stahlzwecken ist fast genau dieselbe wie die der geschmiedeten Hufnägel.

In Seligenthal, Hohleborn, Atzerode und dem am Fuße des Inselbergs liegenden Flecken Brotterode werden Geschirrsachen, Trensens, Sporen, Steigbügel, Ringe, Schnallen, Reit- und Fahrstangen hergestellt. Das Sporer-, Ringschmiede- und Schnallenschmiedehandwerk stand einst in hoher Blüte. 1828 wurden in der Zunft der Sporer und Ringschmiede in Brotterode allein 31 Meister gezählt, und im Jahre 1843 waren vorhanden 73 Meister, 109 Gesellen und 74 Lehrlinge. Über 20 000 Zentner Eisen im Jahr waren in früherer Zeit zur Herstellung der genannten Artikel nötig. Ihre Erzeugung hat, durch die westfälische Konkurrenz mit ihrer neuzeitlichen Arbeitsweise vom Markte verdrängt, außerordentlich nachgelassen. In Kleinschmalkalden werden die bekannten gelöteten Viehglocken hergestellt.

Auf ein hohes Alter blicken Bergbau und Eisenverarbeitung in dem Steinbacher Grund, dem alten Amt Hallenberg, zurück. Der Bergordnung von Suhl und im Amte Hallenberg von 1474 ist schon Erwähnung getan. Damals fuhren in dem Bergrevier täglich zur Grube 802 Personen mit Geschworenen, Steigern, Karrenläufern, Jungen und Haspelknechten.

Um die Wende des 17. Jahrhunderts waren im Eisenerzbergbau 4 Schachte und im Kupfererzabbau 4 Schachte und 1 Stollen im Betrieb, die Erze wurden in einem Kupferhammer, der damals mit dem in Brotterode die einzigen in der Herrschaft waren, verhüttet. Die Verarbeitung des Eisens, welches in den im Grunde befindlichen Hütten und Hämmern hergestellt wurde, geschah in frühester Zeit hauptsächlich durch die Nagelschmiede. Im Jahre 1728 wurden 150, 1828 196, 1846 207, 1893 113 Nagler gezählt¹⁾. Diese fertigen alle möglichen Nägel: Bretter-, Schloß-, Tor-, Schiffs-, hauptsächlich aber Hufnägel. Trotz der angestrengten

¹⁾ Köbrich. Geschichte von Steinbach und Amt Hallenberg. 1894.

und langen, 13 bis 15stündigen Arbeit ist der Verdienst dieser Leute immer ein sehr bescheidener gewesen, und schon zur Zeit des Zunftzwanges war dieses Handwerk ein Schmerzenskind und ist es bis in unsere Zeit geblieben. Nach Ermittlungen des Oberzunftamtes in Schmalkalden verdiente 1843 ein Nagelschmied 6 bis 7 Silbergroschen täglich.

Wie vor 100 Jahren, so sind auch heute noch Arbeitsmethode und Werkzeug genau dieselben. Der Arbeitsraum, die Schmiede, liegt gewöhnlich der großen Feuergefährlichkeit wegen abseits von dem sehr einfachen Wohnhaus und ist ein kleines, aus einem einzigen Raume bestehendes Gebäude (Abb. 2). Luft und Licht treten durch offene, nur mit Läden versehene Luken ein. Schmiedeherd, aus Back- oder Sandsteinen erbaut, Blasebalg, Amboß, die nötigen Hand- und Zuschlag-hämmer, die verschiedenen Nageleisen (verstärkte flache Eisenstücke, 40 × 20 mm, mit kantigen oder runden Löchern), eine Kohlenkratze sind die wenigen Geräte der Werkstatt. In ihr arbeitet mit grauendem Tage bis tief in die Nacht hinein beim



Abb. 2. Nagelschmiede in Unterschönau.

Scheine des Herdfeuers der fleißige Meister mit seinem Zuschläger, der leider nur gar zu oft sein eigener, noch im Kindesalter stehender Sohn ist. In der Ecke stehen die auf ungefähr 1 m Länge gebrachten Eisenstäbe erster Güte, die Zaine, zur Bearbeitung bereit. Rasch ist das Feuer geschürt. Zwei von den Zainen werden 5 cm weit in das sprühende, früher mit Holz-, jetzt nur noch mit Steinkohlen beschickte Feuer gesteckt und zur Weißglühhitze gebracht. Der, welcher zuerst die richtige Hitze hat, wird rasch auf den Amboß gehalten und mit ungemein schnell aufeinanderfolgenden wechsel-

seitigen Hammerschlägen des Schmiedes und seines Zuschlägers unter fortwährendem Wenden ausgeschmiedet und zugespitzt. Nunmehr erhält der Nagel durch Abhacken, ohne ihn aber ganz von dem Eisenstab zu trennen, auf der auf dem Amboß befindlichen „Abschrote“, einem senkrecht stehenden Meißel, die erforderliche Länge. Mit einer bewunderungswürdigen Schnelligkeit wandert der eingehackte Teil in das Nageleisen, wird vom Stabe abgebrochen, und blitzschnell staucht der Schmied durch einige von verschiedenen Seiten geführte geschickte Schläge den Kopf. Flugs fliegt der fertige Nagel auf das auf dem Holzblock des Ambosses angebrachte Blech. Der eben gebrauchte Eisenstab ist inzwischen ins Feuer zurückgekehrt, und an dem anderen beginnt die saure Arbeit. Sind die Stäbe etwa bis zur Hälfte abgearbeitet, so schweißt der Schmied die Teile zusammen. Die Nagelfabriken mit Maschinenbetrieb und die Einführung der Drahtstifte haben die handgeschmiedeten Nägel mehr und mehr zurückgedrängt. Die preußische Staatsregierung ist stets eifrig bemüht gewesen, den verdienstlosen Nagelschmieden neue Erwerbsquellen zu erschließen. Die Militär- und Marinebehörden ließen ihnen Aufträge in Huf- und Schiffsnägeln zukommen, und die Firma Möller & Schreiber in Neustadt-Eberswalde beschäftigte sie mit der Anfertigung von Maultier- und Eisnägeln.

In Oberschönau wurde auf Anregung und unter vielseitiger tatkräftiger Unterstützung des um die Hebung des Kreises hochverdienten ehemaligen Landrats Geh. Regierungsrat Dr. Hagen eine Nagelschmiedegenossenschaft gegründet, die durch Einkauf von Rohstoffen und unmittelbaren Verkauf der angefertigten Waren den Nagelschmieden lohnendere Preise verschaffte.

Wenn auch während des Weltkrieges die Nagler sehr hohe Verdienste erzielt haben, so ist doch in absehbarer Zeit das gänzliche Verschwinden dieses Gewerbes besiegelt. Der Verein für hennebergische Geschichte und Landeskunde in Schmalkalden hat in seinem Heimatmuseum auf dem Schlosse Wilhelmsburg einen großen Raum zur Aufstellung der alten Industrien eingerichtet. So hat er u. a. eine voll-

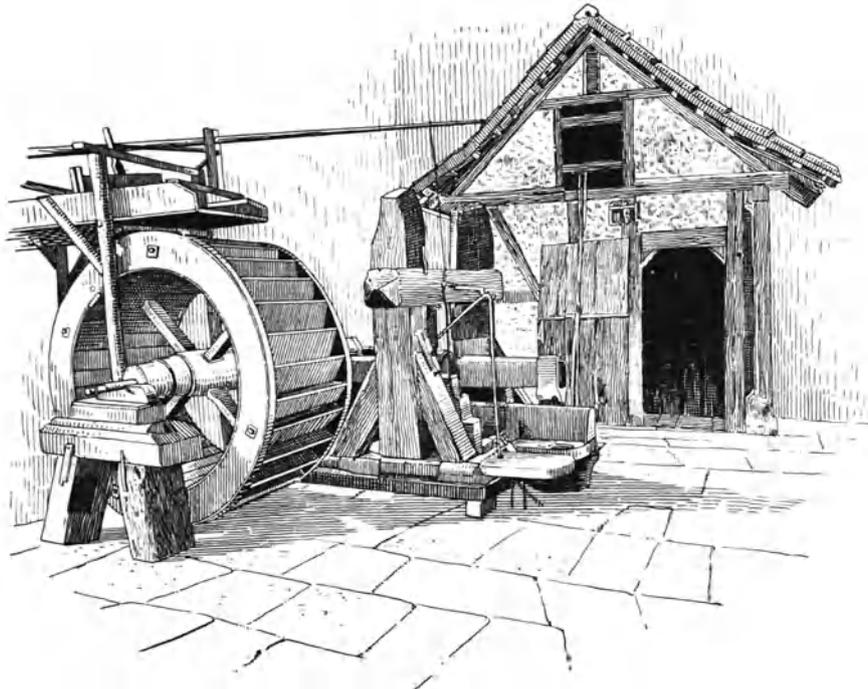


Abb. 3. Nagelschmiede und Zainhammer.
(Heimatmuseum des Henneberger Vereins in Schmalkalden.)

ständige Nagelschmiede mit sämtlichen Werkzeugen, einen Zainhammer (Schwanzhammer), eine alte Striegelwerkstatt und die Werkzeuge eines alten Schwarzblechschmiedes aufgestellt. (Abb. 3.)

Außerordentlich groß sind die weiteren Artikel, die in dem gewerbefleißigen Tale hergestellt werden. Schwer haben die Handwerker bei den öfteren wirtschaftlichen Niedergängen kämpfen müssen; aber mit der ganzen Zähigkeit des an der Scholle haftenden Thüringers überwandnen sie alle Nöte und verschafften ihren Artikeln immer wieder Geltung auf dem Weltmarkte. In der Hauptsache herrscht in den Dörfern des Steinbacher Grundes (Steinbach-Hallenberg, Unter- und Oberschönau, Altersbach, Rotterode, Herges-Hallenberg und Bernbach) neben einigen größeren Betrieben die Hausindustrie mit kleinen Werkstätten und einfachen, oft seit Hunderten von Jahren schon angewandten Arbeitsmethoden, meistens ohne Maschinen. Ein bedeutender Artikel sind die Korkzieher, die 1910 von ungefähr

60 bis 65 selbständigen Meistern hergestellt wurden. Die Korkzieher werden in ungeheurer Verschiedenheit — es soll gegen 1500 Sorten geben — erzeugt. Die Schmieden ähneln in Lage und Ausstattung denen der Nagelschmiede. Ausgerüstet mit den einfachsten Werkzeugen, arbeitet der fleißige Meister vielfach ganz allein oder mit einem oder zwei Gehilfen am Amboß und Schraubstock. Das Schmieden des Krätzers erfolgt mittels eines auf dem Amboß befestigten zweiseitigen Gesenks, dessen Oberteil durch eine Feder vom Unterteil stets abgehoben und zugleich geführt, sich genau auf dieselbe Stelle des Unterteils legt, wenn der Hammerschlag des Schmiedes es niedertreibt. Ober- und Unterteil haben korrespondierende Einschnitte und Erhöhungen, und indem der Schmied den glühenden Stahlstab nach vorn drängt, entsteht wie von selbst der schraubenförmige Korkzieherkrätzer. Polierer und Vernickler beenden die Arbeit durch Feinpolitur und Vernicklung.

Ein weiterer bedeutender Artikel sind die Locken-, Frisier- und Bügelzangen. Da ihre Herstellung noch nicht allzu lange betrieben wird, macht sich hier der Einfluß der neuzeitlichen Technik bemerkbar, doch gibt es noch eine ganze Anzahl handgeschmiedeter Sorten, deren Verfertigung außerordentlich viel Geschick und Übung verlangt. Die beiden Teile werden aus gutem Schweißisen ausgeschmiedet, das eine in der Mitte am Scharnier mit flachem Loch versehen, durch welches in der Glühhitze der andere Teil durchgesteckt wird. Nach dem Erkalten wird durch das Scharnier, „Schloß“ genannt, ein Loch gebohrt und eine Niete eingesetzt. Hierauf folgt die Verfeinerung. Mode und Zeit sind die Ursachen von einer Unmenge von Sorten: gerade, gebogene, gewellte, einfache, doppelte, dreifache (Stefanieisen) Sansgêneisen, Kreppeisen, Pflaumeneisen usw. usw.

Die Drahtzangen werden ebenfalls in allen möglichen Sorten angefertigt. Doch wird hier die Hausindustrie mehr und mehr vom Großbetrieb verdrängt. Man versucht wohl, der Not gehorchend, sich den Verhältnissen anzupassen, indem man einmal die Arbeitsteilung streng durchführt: der die Zangen schmiedet, feilt sie nicht, und umgekehrt, oder er bezieht im Gesenk geschlagene oder aus Temperguß hergestellte Zangenteile und feilt sie, setzt sie zusammen, härtet und poliert sie. Neben den hier angeführten Artikeln werden im Steinbacher Grund noch verfertigt: Schraubenzieher, Laubsägebogen, Dosenöffner, Kirschen- und Pflaumentkerner, Fleischhaken, Pinzetten, Kopierädchen, Fahrrad- und Automobilschraubenschlüssel, Stiefelanzieher, Nußknacker, Stimmgabeln, Handschuhknöpfe, Flaschenreiniger, Kartoffel- und Rettichbohrer usw.

Wie oben erwähnt, gebraucht die Kleisenindustrie zum Vertrieb ihrer Erzeugnisse die Kaufleute (Kommissionäre). Im Laufe der Zeit machten sich manche der Kleinmeister von der Abhängigkeit der fremden Vermittlung frei, und aus dem Hausindustriellen wurde der Kleingewerbetreibende, dessen Aufrücken zum modernen Fabrikanten eine Frage der Glücksumstände, des Weitblickes, technischer Tüchtigkeit und Unternehmungslust und nicht zuletzt des Betriebskapitals in Zeiten wirtschaftlichen Aufschwungs ist.

Die Entwicklung vom Handwerk und von der Hausindustrie zum Fabrikbetrieb ist in der Kreishauptstadt Schmalkalden fast vollendet, aber auch im Steinbacher Grunde und den anderen Industrieorten schreitet sie vorwärts. Wie wir gesehen, gehören die Bohrer zu den ältesten der Schmalkalder Artikel. Ihre Herstellung erforderte einst von seiten des Schmiedes große Geschicklichkeit, denn ohne Hilfsmittel, allein auf das Auge angewiesen, galt es die unregelmäßige Form dieses Werkzeuges zu treffen. Heute erfolgt die Herstellung in vier nennenswerten Bohrer-

fabriken, deren größte — Gebrüder Heller — über 150 Arbeiter beschäftigt. Auch bei den Bohrern ist die Verschiedenheit der Arten sehr groß.

In der Herstellung von Beißzangen sind nur noch wenige Kleinmeister am Werke, denen fünf größere Betriebe mit je 100, 50 und 20 Arbeitern gegenüberstehen. Die neuzeitlich eingerichtete Gesenkschmiederei der Firma Fr. Katzung (altbekanntes Fabrikzeichen für ihre Beißzangen „Glocke“) erzeugt nebenbei noch verschiedene im Gesenk geschlagene Artikel, die, wie wir bei Steinbach gesehen, in der Hausindustrie fertiggestellt werden. Auch die Firma Adolf Völker hat sich den Errungenschaften der Neuzeit angepaßt.

Einen Namen auf dem Weltmarkt besitzen auch die Schmalkalder Ahlen und Brosten. Hier finden wir bei einer der frühesten die Entwicklungen vom Handwerk zur Fabrik. Schon 1857 wurde die Ahlenfabrik Burkhardt, Kaupert & Co. gegründet, welche heute über 100 Arbeiter beschäftigt, der 1862 eine weitere — „Concordia“ — heute mit derselben Arbeiterzahl, folgte. Beide Firmen betreiben auch die Fabrikation von Nadeln, die wie Ahlen und Brosten fast ganz von Maschinen hergestellt werden.

Die Herstellung der Striegel erfolgt fast nur noch durch die Firma Joseph Erbe mit 90 Arbeitern und über 100 Maschinen. Die Jahreserzeugung war 1914 rund 1½ Millionen Stück mit einer großen Anzahl von Sorten, da jedes Land die gewünschte

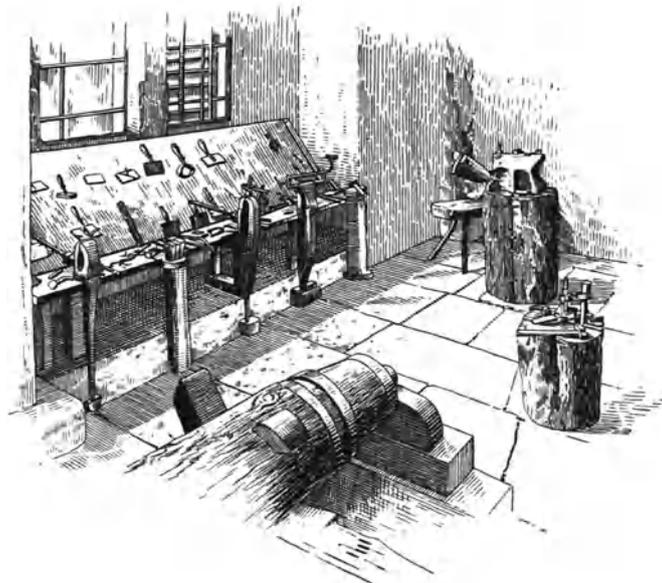


Abb. 4. Alte Striegelwerkstatt. (Heimatmuseum des Henneberger Vereins in Schmalkalden.)

Sorte erhält. Die Firma hat sich aus kleinen Anfängen zu dieser Höhe emporgearbeitet. Um die Wende des 18. Jahrhunderts besaß der Meister Johann Valentin Erbe in der Haindorfsgasse in Schmalkalden eine kleine Striegelwerkstatt. Als ein der Zunft der Blecharbeiter angehöriger Meister stand ihm das Recht auf ein Schmiedefeuer, auf Beschäftigung eines Zuschlägers, zweier Gesellen und eines Lehrlings zu. Die Handarbeit wurde zumeist in der Wohnstube verrichtet, während das Schmieden, Verzinnen usw. in einer kleinen Schmiede vorgenommen wurde. (Abb. 4). Da es nur geschmiedetes Eisenblech und gezaintes Eisen gab, die auf die-Form und Größe der einzelnen Teile erst zurecht geschmiedet werden mußten, war die Herstellung von Striegeln umständlich und außerordentlich mühsam. Nach dem Ausschmieden wurden die Teile nochmals geglüht, darauf der Hammerschlag in kaltem Zustande, meist von der Frau abgehämmert. Nuncmehr erfolgte die Herstellung der Zähne der Striegel und Kämmen auf dem sogenannten „Hauzeug“. (Das letzte in der Stadt befindliche Stück wurde mit der ganzen alten Werkstatteinrichtung von der Firma dem Henneberger Verein über-

geben; das Hauzeug auf der Abbildung rechts im Vordergrund). Das Hauzeug war ein Geheimnis der Schmalkalder Striegelmacherzunft. Die Hämmer und Angeln wurden sämtlich mit der Hand geschmiedet, und aus den vom Zaineisen übriggebliebenen Abfällen bereitete man durch Abschneiden auf der Stockschere die Niete. Mit Hand und Hammer erfolgte nunmehr die Zusammensetzung und Vernietung der einzelnen Teile. Nach ihrer Fertigstellung kamen die Striegel in die Beize, welche aus „Molke“ (Sauermilch) bestand. Hierin blieben sie 3 bis 4 Wochen, bis der Hammerschlag sich völlig abgelöst hatte. 1824 trat an Stelle der Molkenbeize die Schwefelsäure, welche in 3 bis 4 Stunden mehr leistete, als erstere in 3 bis 4 Wochen. Nach dem Molkenbad tauchte man den Striegel in fein gemahlenes Kolophonium und dann sofort in das heiße Zinnbad, das in einer kleinen Pfanne auf dem Schmiedefeuer stand. Sollten Striegel lackiert werden, so wurden sie im Schmiedefeuer ziemlich stark erhitzt und mit Leinöl überstrichen, das dann einbrannte und den Striegel vor Rost schützte. Zuletzt wurden die Holzhefte angeschlagen, und der Striegel war fertig.



Abb. 5. Alte Blechschmiedewerkstatt.
(Heimatemuseum des Henneberger Vereins
in Schmalkalden.)

Das geschmiedete Blech wurde um das Jahr 1820 durch Walzblech, das man in Tafeln von 25×50 cm aus Suhl bezog, verdrängt, und 1840 ersetzte man das Zaineisen durch Walzeisen. Beides war für die Striegelmacherei ein großer Fortschritt.

Ein junger Handwerksgehilfe aus Steiermark gab Anregung zur schnelleren Herstellung der Zähne und zum Bau eines kleinen Glühofens, in dem einige Dutzend Striegel auf einmal geblüht werden konnten.

Seit dem Jahre 1856 wird die Löffelfabrikation in Schmalkalden betrieben durch die Firma H. A. Erbe A.-G., deren Gründer der Senator H. A. Erbe ist. Ihre Fabrikate genießen Weltruf. Anfänglich auf die Herstellung von Blechlöffeln beschränkt, kamen geschmiedete Rundstiellöffel und Gabeln aus Martinstahl hinzu. Im Jahre 1900 nahm die Firma die Fabrikation von feinversilberten Bestecken auf, die sich im In- und Ausland großer Beliebtheit erfreuen. In zwei Fabriken werden heute 300 Menschen beschäftigt. Die Jahresproduktion belief sich auf 45 Millionen Stück. Die Löffelschmiede („Leffeler“) bildeten im 16. Jahrhundert mit den Ahlen- und Flaschenschmieden, den Naglern und Spenglern eine Innung. Später gehörten sie zu der Zunft der Blecharbeiter und verfertigten neben den Löffeln, Gieß- und Pechkellen, Tiegel, Pfannen u. a. m.

Als Amboß benutzten sie einen mit Vertiefungen versehenen Stein $60 \times 40 \times 25$ cm, dazu einen kleinen Hammer für die Hand des Meisters und einen Langhammer für den Zuschläger (Abb. 5). Der Steinamboß fand seine Verwendung bis in die

Mitte des vorigen Jahrhunderts. Damals ließ der Blechschmiedemeister Friedrich Kornbrodt, nach dem jetzt im Heimatmuseum des Henneberger Vereins sich befindlichen Holzmodelle (s. Abb. 5) einen Amboß aus Eisen herstellen. In der Stadt findet man die Steinambosse als Prellsteine hier und da an Häuserecken. Bei der Herstellung von Löffeln, Kellen und Tiegeln wurden die einzelnen Blechstücke zu einem Päckchen von etwa 6 Stück zusammengepackt, im Holzkohlenfeuer erhitzt und so lange gehämmert, bis Tiefe und Form herauskamen. Nunmehr öffnete man das Päckchen, hämmerte die einzelnen Stücke, schnitt sie gerade und versah sie mit Stielen.

Auf ein hohes Alter blickt auch das Handwerk der Feilhauer und Raspelmacher zurück. Wie der Hüttenschreiber Quantz in Beckmanns „Beiträgen zur Ökonomie, Technologie, Polizey- und Cameralwissenschaft“ 1786 berichtet, wurden die Feilen in einer gewöhnlichen Esse geschmiedet, abgehauen und mit Angel und Zeichen versehen. Um sie zu glühen, legte sie der Schmied auf glühende Kohlen vor das Gebläse, hängte es ab und ließ sie vom Abend bis zum anderen Morgen liegen. Darauf wurden sie abgefeilt, was meistens durch Frauen geschah. Das Abschleifen wurde seltener angewandt und galt als „sehr kostbar“. Es folgte nunmehr das Härten der Feile. Der Feilhauer spannte seine Feile in den Feilhalter, befestigte diesen nach Art des Schusters mit einem Riemen über das linke Knie, wählte Hammer und Meißel nach der Größe, Gestalt oder Feinheit und führte den Meißel nach einer Diagonallinie und schräg, damit der Hieb gehoben werde, vom breiten Ende bis zur Spitze mit einer unglaublichen Geschwindigkeit fort, so daß der Zuschauer das Fortrücken der Hand mit dem Auge kaum bemerken konnte. Dieses war der erste oder der Grundhieb. Um auf der rauh gewordenen Feile ein sicheres Fortrücken zu ermöglichen, wurde die Feile abgezogen oder weiß gemacht, nämlich mit Unschlitt beschmiert. Meißel und Hammer mußten da leichter geführt und der Hauamboß darum mit einer Unterlage mit Blei versehen werden. Auch wurde der Meißel, um den ersten Hieb zu durchschneiden, gerade aufgesetzt, wobei der Hauer darauf sehen mußte, daß die Feile gerade lag, weil der Hieb sonst nicht genau genug ausfiel. Hier mußte das linke Knie, worüber die Feile befestigt war, bewegt und so wie der Meißel gegen die Spitze fortging, erhöht werden. Dieses war der zweite oder der Grundhieb. Nunmehr erfolgte das Härten. Der Feilhauer spannte die Feilen in eine Zange, 3, 4, 5, je nachdem sie groß oder klein waren, machte sie vor dem Gebläse braunwarm, bestreute sie mit dem Härtepulver, das aus gleichen Teilen von gebranntem und gepulvertem Horn bestand. Dieses Härtepulver entzündete sich, sobald es die Feile berührte. Hatte die Härte sich allerorten gehörig angelegt, brachte er die Feile wieder vor das Gebläse, ließ sie braunrot werden und tauchte sie hierauf langsam, zuerst mit der Spitze, wenige Minuten in recht kaltes Wasser und stellte sie, nachdem sie abgerieben und in Kalkwasser eingetaucht worden war, zum Abtrocknen hin. Andere schlossen ihre Feilen mit dem Härtepulver in einen blechernen Kasten ein und brachten sie vor das Gebläse. Das nannten sie Einsetzen. Fast genau in derselben Weise wie damals arbeiten unsere Feilhauer auch heute noch. Die Feilhauer machten damals ein geschlossenes Handwerk aus, in welches nur Meistersöhne aufgenommen werden konnten. Lehrlinge hatten 4 bis 5 Jahre zu lernen, Gesellen 3 Jahre zu wandern und konnten vor dem 25. Jahre nicht Meister werden. Die Erlangung des Meisterrechtes verlangte eine Ausgabe von 25 bis 60 Taler. Als Meisterstück war vorgeschrieben: eine Armfeile, Vorfeile und Schlichtfeile. Mit den Feilhauern waren die

Raspelmacher zu einer Zunft vereinigt. Verfertigt wurden: Halbrunde und flache Holz-, Zinn-, Schuster-, Bildhauer-, Lappen- (feine Holz-)raspeln. Die Feilen- und Raspelindustrie im Schmalkaldischen ist infolge der westfälischen Konkurrenz, bei der die Produktionsverhältnisse bedeutend günstiger sind, sehr zurückgedrängt worden. Eigentliche Großbetriebe — eine Firma arbeitet mit Dampfkraft und modernen Haumaschinen — sind nicht entstanden.

Zwei ehemals in hoher Blüte stehende Zweige der Kleineisenindustrie, das Messerschmiedehandwerk und die Fabrikation von Waffen, sind fast gänzlich verschwunden. Ersteres erreichte seine Höhe am Ende des 16. und blühte während des 17. Jahrhunderts. Der Ruf von der Güte seiner Erzeugnisse war weitverbreitet, und so konnte der Schmalkalder Chronist Geisthirt¹⁾ wohl schreiben: „Es ist nicht zu läugnen, daß die Handlung mit dieser Eisenwahrre wie auch des Stahls der gantzen Herrschaft vor etlichen hundert Jahren her große Capitalisten in Schmalkalden gegeben, zumahl da man anno 1592 anfang eine gewisse Art großer Messer in der Stadt zu verfertigen, die zum Zeichen den Schiffanker führten und privilegiert wurden. Worauf anno 1602 3 Niederländische Kaufleute Winart und Lambert Gebrüder und Johann von der Straasen einen Contract mit den Meistern des Messerschmieds-Handwerks getroffen, desgleichen große Messer zu verfertigen, welcher Vergleich vom Rat besiegelt worden.“ In den ersten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts begann wie bei den übrigen Kleinf Feuerarbeitern auch bei den Messerschmiedern der Verfall. Im Jahre 1721 wurden in der Stadt 153 Betriebe, 1770 73, 1772 infolge der Hungersnot 49, 1828 38 gezählt²⁾. Mit der Beseitigung der Zunftordnung verschwand das Messerschmiedehandwerk, und heute erinnert eine Messerschmiedefabrik in Brotterode an die einst so blühende Zunft.

Die Waffenindustrie ist ebenfalls eingegangen und hat eine Heimstätte in der sächsisch-gothaischen Stadt Zella-Mehlis gefunden.

Zu den Besonderheiten der Schmalkalder Industrie gehörte die Herstellung von Schmiedeblasebälgen, welche heute in 3 Betrieben erfolgt. Zwei von diesen Betrieben, Joh. Rudolph und Füller & Retsch, haben dem ursprünglich allein angefertigten Artikel noch als weitere angefügt: Feldschmieden, Ventilatoren, Bohrmaschinen usw. Die Heimat der Schmiedebälge ist Kleinschmalkalden, wo auch heute noch welche hergestellt werden.

Wie der Bergbau die Bedingungen für die Eisenindustrie schuf, so wurde diese wiederum die Veranlassung für eine nicht unbedeutende Holzindustrie, welche die zu den verschiedenen Eisenwerkzeugen nötigen Holzteile lieferte. Neben den zahlreichen Drechslerwerkstätten im Kreise gibt es in Schmalkalden zwei Holzwaren- und Werkzeugfabriken: Lesser & Beck und Gebrüder Scheller, in denen Haus-, Küchen- und Wirtschaftsartikel, Gartengeräte, Werkzeuge für Meister und Dilettanten (Werkzeugkästen) angefertigt werden.

Die Firma F. W. Kampmann versorgt die Kleinf Feuerarbeiter mit schmiedbarem Eisenguß. Die Maschinenfabrik und Eisengießerei Zobel, Neubert & Co., die unter ihrem jetzigen Inhaber R. P. Dinglinger einen bedeutenden Umfang angenommen, betreibt als Hauptspezialität das Verfertigen von Hebezeugen aller Art für maschinellen und elektrischen Betrieb.

Mehr und mehr erfolgte, und zwar in erster Linie in der Kreisstadt, aber auch teilweise in den übrigen Industriorten, der Übergang vom Mittel- zum Großbetrieb. Diese Entwicklung war von mancherlei bedenklichen Folgen, besonders für die

¹⁾ Geisthirt III, 21. ²⁾ Stadtarchiv.

Hausindustrie, begleitet. Damit nun die hereinbrechenden Schädigungen nur vorübergehende blieben, versuchte die preußische Staatsregierung mit großen Opfern der Kleineisenindustrie aufzuhelfen und sie konkurrenzfähig zu erhalten. Durch den Bau von Eisenbahnen nach den betriebsreichen Tälern wuchsen die Verkehrswege, wodurch die Produktionsbedingungen gesteigert wurden; sie verbanden die Industrieorte mit der Welt und wiesen der Ausfuhr neue Wege. Eingedenk aber der Wahrheit, daß die Zukunft der Industrie in erster Linie von der Höhe der Stufe technischen und geschäftlichen Könnens und Wissens des industriellen Nachwuchses abhängen werde, errichtete sie, nachdem die Stadt Schmalkalden in bereitwilliger Weise die Gebäude dazu zur Verfügung gestellt, die Staatliche Fachschule für Kleineisen- und Stahlwarenindustrie. Am 1. Juli 1902 wurde sie durch den Landrat Dr. Hagen eröffnet. Die Anstalt ist unter der Leitung ihres tatkräftigen Direktors Beil, seinem Programm entsprechend, immer bemüht gewesen, ihren Schülern eine zeitgemäße, praktische Vorbildung in Schlosser- und Schmiedearbeiten und an den verschiedensten Werkzeugmaschinen und in den wichtigsten Verarbeitungsverfahren der Metalle zu geben und ihnen innerhalb gewisser Grenzen eine wissenschaftliche Einsicht in ihre Berufsarbeit und einen Einblick in das Wirtschaftsleben zu vermitteln.

Heute steht die Schmalkalder Kleineisenindustrie wieder einmal vor einem Wendepunkt mit folgeschweren Entschliefungen. Wieweit die heraufsteigende neue Zeit, in der sich eine Umwertung aller Werte vollzieht, und in der sich ganz neue politische, wirtschaftliche und soziale Verhältnisse entwickeln, einen belebenden oder zerstörenden Einfluß auf sie ausüben wird, kann erst die Zukunft lehren. Eins aber ist sicher, es wird ein schweres Ringen werden, um wieder auf die alte Höhe vor dem Kriege zu kommen. Darum müssen die Gewerbetreibenden mehr denn je Qualitätswaren zu erzeugen versuchen und, um konkurrenzfähig zu bleiben, darauf bedacht sein, alle neuzeitlichen technischen Hilfsmittel und Arbeitsverfahren bei ihrer Arbeit sich im vollen Umfange zunutze zu machen. Dazu gehören vor allem tüchtige erfahrene Praktiker mit weitem Blick und mit den für ihren Beruf nötigen theoretischen Kenntnissen.

Eine für den Kreis und seine Industrie zur Zeit außerordentlich wichtige Frage, die im Vordergrund des allgemeinen Interesses steht, ist die über den Anschluß der alten Herrschaft an den geplanten Freistaat Großthüringen. Es steht außer Zweifel, daß eine enge Verbindung des Kreises an das ihm in gewerblicher Beziehung nahestehende Wirtschaftsgebiet Thüringen von hohem Nutzen für die Industrie sein würde; denn Thüringen, gewerbereicher, als man allgemein annimmt, steht in der Zahl der gewerblich beschäftigten Arbeiter mit 26 vH über dem Reichsdurchschnitt, der nur 23,8 vH ausmacht. Wichtige wirtschaftliche und sozialpolitische Fragen und Verkehrsangelegenheiten drängen nach einer Vereinigung der Thüringer Staaten, die mit den zwischen ihnen gelagerten Teilen Preußens eine wirtschaftliche Einheit bilden, darum sind alle dahingehenden Bestrebungen nicht kurzerhand abzuweisen.

Unsere Vorfahren haben nun aber das ganze Elend der Kleinstaaterei Jahrhunderte hindurch kennengelernt. Wir haben auch gesehen, wie die preußische Regierung allzeit bemüht gewesen ist, durch große Opfer der Kleineisenindustrie zu helfen und mit ihren reichen Mitteln an dem Kreise Herrschaft Schmalkalden den Grundsatz der ausgleichenden Gerechtigkeit zu betätigen, was bei einem Freistaat Großthüringen nicht in diesem Umfange möglich sein wird. Darum kann

für die Bewohner des Kreises Herrschaft Schmalkalden die Frage Großthüringen nur in seinem engen Anschluß an Preußen eine Lösung finden.

Literatur.

- Beck, Ludwig, Geschichte des Eisens. Abt. 1—5. Braunschweig. 1884—1903.
- Bovensiepen, Rud., Die kurhessische Gewerbepolitik und die wirtschaftliche Lage der zünftigen Handwerks in Kurhessen von 1816—1867. Marburg 1909.
- Brauns, C., Kurhessische Gewerbepolitik im 17. und 18. Jahrhundert. Leipzig 1911.
- Danz, F., Geschichte des Bergbaus und der Metallindustrie im westlichen Teile des Thüringer Waldes und Geschichte der Eisenbergwerke Stahlberg und Mommel in der Herrschaft Schmalkalden (Thüringer Hausfreund 1893.)
- Fulda, R., Über Schmalkalder Bergbau.
- Frankenstein, K., Bevölkerung und Hausindustrie im Kreise Schmalkalden. Tübingen.
- Geisthirt, Joh. Conr., Historia Schmalcaldica. Schmalkalden.
- Häfner, Joh. Reinh., Die 6 Kantone der vormaligen Herrschaft Schmalkalden. Bd. 1—5. Schmalkalden 1810.
- Henneberger Urkundenbuch. Meiningen.
- Herwig, Engelhardt, Genaueste Beschreibung des in der Herrschaft Schmalkalden üblichen Eisenschmelzens und Schmiedens. Biedenkopf 1780.
- Knetsch, C., Die Schmalkalder Stahlschmiede. (Zeitschrift des Vereins für Hennebergische Geschichte und Landeskunde in Schmalkalden, Heft 16.)
- Köbrich, Alex., Geschichte von Steinbach und Amt Hallenberg.
- Pistor, A., Die Entwicklung des Bergbaus und der Kleineisenindustrie im Kreise Schmalkalden. (In: Thüringen in Wort und Bild. Leipzig. Bd. 2, 1902. S. 383 ff.)
- Der Kreis Schmalkalden. (In: C. Heßler, Hessische Landeskunde. Marburg. Bd. 1. H. 2.
- Quantz, Joh. Chr., Praktische Anleitung über die Eisen- und Stahlmanipulation in der Herrschaft Schmalkalden. Nürnberg 1799.
- Söldner, Jakob, Die Kleineisenindustrie im Kreise Herrschaft Schmalkalden. (Mitt. für die Eisenwarenkunde. Jg. 11. 1909. H. 15 und 16.)
- Wagner, J. G., Geschichte der Stadt und Herrschaft Schmalkalden. Marburg 1849.
- Weber, Paul, Die Bau- und Kunstdenkmäler im Regierungsbezirk Cassel. Bd. V. Kreis Herrschaft Schmalkalden. Marburg 1913.
- Wick, W., Die landesherrlichen Eisenhütten und Hämmer im ehemaligen Kurhes-en bis zum Ende des XVII. Jahrhunderts. Cassel 1910.

Der deutsche Werkzeugmaschinen- und Werkzeugbau im 19. Jahrhundert.

Von

Dipl. Ing. Bertold Buxbaum, Charlottenburg.

Der deutsche Werkzeugmaschinenbau des 19. Jahrhunderts zeigt ein gänzlich anderes Bild als der neuzeitliche, wie er sich seit etwa der Jahrhundertwende darstellt; seine Entwicklung ging unter ständigen Hemmungen und Schwierigkeiten vor sich. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts erreicht er eine Blütezeit, den Höhepunkt seiner englischen Periode, verfällt dann gemeinsam mit dem Lehrmeister und läßt sich dann ebenso wie dieser von den aufstrebenden Amerikanern völlig in den Schatten setzen. Bis in das letzte Jahrzehnt des Jahrhunderts dauert der Kampf um die Erreichung des amerikanischen Vorbildes und die Durchsetzung eigener Schöpfung an mit dem Erfolg, daß, während der deutsche Werkzeugmaschinenbau (ebenso wie der französische) bis zur Jahrhundertmitte um ein bis zwei Generationen hinter dem englischen zurückblieb, er um 1900 den englischen und französischen um etwa eine Generation überholt hat.

Es waltete über der deutschen Werkzeugmaschinenindustrie ein ganz besonderes Unglück. Vor der Einigung des Reiches fehlte es an Initiative und Geld, um eine deutsche Primärmaschinenindustrie zu schaffen (denn die Werkzeugmaschine ist eine Hilfsmaschine, eine Sekundärmaschine, deren Bedarf durch den an Primärmaschinen bestimmt wird): Für die Neubewaffnung der deutschen Armee im Jahre 1872 konnte man fertige Maschinen aus Amerika einführen. Das war für die deutsche Armee ein Vorteil, für den deutschen Werkzeugmaschinenbau ein Nachteil; die Amerikaner hatten dagegen während des Bürgerkrieges keine für sie geeigneten Maschinen einführen können, sie waren auf sich selbst angewiesen — zum Vorteil ihrer Werkzeugmaschinenindustrie. Als nach der Reichsgründung die Unternehmungslust erwachte und kurz nach Mitte der siebziger Jahre das längst notwendig gewordene Patentgesetz geschaffen wurde, kam die Krise, und die Unternehmungslust lag völlig darnieder. Als sie wieder erwachte, hatte Amerika sich mittlerweile fest eingenistet.

Zeigen sich auch in den neunziger Jahren Ansätze zu selbständigen Wegen, so darf man sich doch nicht verhehlen, daß das 19. Jahrhundert für die deutsche Metallbearbeitungstechnik im Zeichen der Nachahmung stand. Das ist oft als Vorwurf hingestellt worden, findet aber in der Hauptsache eine wirtschaftliche Erklärung, da im Wirtschaftsleben der Ehrgeiz nach Originalität zurücktreten muß vor der Rentabilität, und die deutsche Wirtschaft zu arm war, um sich kostspielige und zweifelhafte Experimente leisten zu können. So mußte man das Gute nehmen, wo es zu finden war. Die Verwertung fremder Traditionen in ideeller Hinsicht oft abgelehnt, ist in geschäftlicher Beziehung eine Notwendigkeit. Wenn der deutsche Maschinenbau die von anderen bereits gemachten Er-

fahrungen nicht noch einmal machen wollte, so war dies sein gutes Recht. In der Technik beginnt der Diebstahl erst beim Patentraub. Wenn die englische Maschine als Muster benutzt wurde, so tat man das, was alle Welt und auch die Amerikaner während der ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts mit der gleichen Unbekümmertheit taten; wenn man später amerikanische Konstruktionen kopierte, so tat man das gleiche, was die Amerikaner unter sich nicht minder zu tun pflegten. Daß die Engländer aus Stolz, konservativer Gesinnung und infolge von Hemmungen seitens der Arbeiterverbände das, was ihnen ihre Schüler boten, nicht benutzten, war ein Fehler, den sie später hier wie auf anderen Gebieten schwer bezahlen mußten.

Nur der Bedarf weckt Erfindungen von bleibendem wirtschaftlichen Wert. Der neuzeitliche Bedarf wurde durch den Kapitalismus geboren, der in England früher entwickelt war und sich in Amerika rascher entwickelte als in Deutschland. Das Mittelalter hatte eine Reihe von bahnbrechenden deutschen Erfindungen gebracht (Uhren, Schießpulver, Buchdruckerkunst usw.). Um die Reformationszeit stand das deutsche Handwerk in höchster Blüte. Es ist kaum erforderlich, auf die Erfolge des deutschen Bergbaues und Dampfmaschinenbaues, der Chemie und der Elektrotechnik hinzuweisen, von denen die ersten drei aus den natürlichen Verhältnissen Deutschlands heraus entstanden, und deren Schöpfungen gern von den Amerikanern übernommen wurden. Wenn diese behaupten, daß sie den Deutschen an sich konstruktiv überlegen seien, so hat das nur für die formwandelnden Maschinen und Apparate Sinn, und für diese müssen sie den Beweis dahingehend führen, daß die Deutschen unter den gleichen politischen, wirtschaftlichen, sozialen und geographischen Verhältnissen Schlechteres hervorgebracht haben würden. Dieser Beweis dürfte schwer zu führen sein. Der alte deutsche Werkzeugmaschinenkonstrukteur stand nicht so wie der amerikanische unter dem Druck der Not. Facharbeiter waren reichlich vorhanden, die Löhne waren niedrig, der Ansporn der amerikanischen Leutenot und hohen Löhne fehlte. Infolgedessen blieb das blitzartige Erfassen des für die verschiedenen industriellen Bedürfnisse Notwendigen, das eifrige Aufspüren neuer Ideen, ehe sie bereits ein Anderer in die Praxis umgesetzt hatte, ungeweckt; die Möglichkeit bequemen Nachbauens guter Vorbilder ließ den Erfindungsgeist auf dem Gebiete der Metallbearbeitung erschlaffen.

Seit der Jahrhundertwende ist der deutsche Werkzeugmaschinenbau einigermaßen selbständig geworden. Es ist nicht mehr nötig, daß die deutschen Fachleute nach Amerika gehen, um dort, wie noch vor wenigen Jahrzehnten, die hohe Schule des Werkzeugmaschinenbaues kennenzulernen. Leider scheint es allerdings, als ob die fünf Kriegsjahre den Amerikaner stärker zu Neuerungen angeregt haben als den Deutschen; die Einspannung der Werkstücke durch Druckluft, die selbsttätige Steuerung und Schaltung der Maschinen durch Druckwasser und andere Einzelheiten haben sich dort zu hoher Vollendung entwickelt. Allerdings saß den amerikanischen Technikern im Kriege das Messer nicht so an der Kehle, wie den deutschen, sie hatten mehr Zeit, sich einzurichten. Diesen Vorsprung gilt es in den nächsten Jahren einzuholen.

Erste Periode. (Englischer Einfluß.)

Daß Deutschland zur Zeit der Entstehung der Industrien im heutigen Sinne die von seiner Industrie gebrauchten Maschinen erst verhältnismäßig spät selbst zu erzeugen begann und noch später als Konkurrent Englands und Frankreichs auf

dem Weltmarkt auftreten konnte, lag, wie schon angedeutet, an der Ungunst seiner politischen und der sich daraus ergebenden wirtschaftlichen Verhältnisse und anderen die bürgerliche Entwicklung hemmenden Umstände. Die gewerbliche Blüte des deutschen Mittelalters wurde durch den Dreißigjährigen Krieg, die Kleinstaaterei zerstört; im 18. Jahrhundert fehlte zu einer Konzentration des Kapitals die staatliche Anregung und das Interesse der Intelligenz, die sich von materieller Betätigung zurückhielt, keinen Unternehmungsgeist besaß und nur in der Schaffung geistig-kultureller Werte Befriedigung fand. In Preußen tat zwar Friedrich der Große manches für die Bildung einheimischer Industrien; nach Angaben des Ministers v. Hertzberg vom Jahre 1785¹⁾ betrug damals die Anzahl der in der Eisen- und Metallindustrie Beschäftigten in Preußen 3000 bei 2 Millionen Taler Jahresumsatz; die Gesamtzahl der Beschäftigten belief sich auf 165 000 Köpfe mit 30¹/₄ Millionen Taler Jahresumsatz. Im Vergleich mit der damaligen Einwohnerzahl von 6 Millionen sind diese Ziffern (die dazu noch als übertrieben hoch gelten) sehr mäßig. Auf den Maschinenbau wirkte diejenige Industrie, die auch in Zeiten reglosen Wirtschaftslebens betrieben werden mußte, der Bergbau. Pumpen und Förderwerke wurden im Inlande angefertigt, die Dampfmaschinen (Newcomensche Feuermaschinen) von England bezogen. Die ersten — einflußlosen — Versuche, mit Dampfkraft Wasser zu heben, wurden in Deutschland schon in den Jahren 1705, 1715 und 1722 angestellt. Nach Matschoß war die Newcomensche Maschine um das Jahr 1770 in Deutschland ziemlich allgemein verbreitet; in diesem Jahre wurde die erste derartige Maschine im Inlande angefertigt, und zwar mit den primitivsten Hilfsmitteln; der 732 mm weite und 3 m lange Zylinder wurde ausgeschabt und mit losem Schmirgel ausgeschleuert. Die ersten Ausbohrmaschinen entstanden damals erst in England.

Im Jahre 1785 wurde die erste Wattsche Dampfmaschine von 108 PS-Leistung in Betrieb gesetzt. Sie wurde nach englischen Vorbildern, aber aus deutschem Material und von deutschen Arbeitern gebaut. Der Zylinder wurde im Königlichen Gießhause in Berlin gegossen, ausgeschabt und sauber poliert. Zum Ausschaben diente ein Eichenholzkopf mit eingesetzten Messern, der durch ein Wasserrad angetrieben wurde. Die runden Drehteile wurden auf gewöhnlichen Drechslerbänken bearbeitet. Weitere Maschinen folgten; sie dienten vor allem oder durchweg der Wasserhaltung in Bergwerken und der Winderzeugung in Hütten. Seit dem Jahre 1794 baute Holzhausen in den schlesischen Hüttenwerken Malapane (wo im Jahre 1785 die erste Bohr- und Drehmühle aufgestellt worden war), nachher in Gleiwitz (gebaut 1796) Dampfmaschinen, zuerst atmosphärische, dann Wattsche Maschinen; bis zum Jahre 1825 stellten die schlesischen Werke mehr als 50 Dampfmaschinen mit zusammen 770 PS her.

Sehr groß waren die Schwierigkeiten, die das schlechte deutsche Gußeisen verursachte. Nach Matschoß entsprach es, selbst wenn die Abmessungen zwei- bis dreimal so groß waren als die der englischen Maschinen, nicht den Anforderungen.

Das oberschlesische Bergwerksrevier war überhaupt der Sitz des frühen deutschen Maschinenbaues. Hier waren (nach Matschoß in „Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie“ Bd. III, 1912) schon Ende des 18. Jahrhunderts richtige Werkstattzeichnungen mit Maßen in Gebrauch, während in Privatfabriken noch nach 1840 die ersten Entwürfe mit Kreide auf ein Brett gezeichnet wurden. Die gleiche Quelle bringt Abbildungen von interessanten Werk-

¹⁾ Beitrüge zur Geschichte der Technik und Industrie, Bd. III, 1912, S. 309.

zeugmaschinen von Holtzhausen für den eigenen Bedarf der Hütten in Malapane und Gleiwitz. Ein Bohrwerk für Gebläsezylinder mit Holzrahmen und sehr schwachen gußeisernen Lagerböcken; der Zylinder stand fest, die Bohrstange drehte sich und ihr Bohrkopf wurde mittels einer in ihr eingebetteten Zahnstange mit Ritzel und Gewichtshebel selbsttätig axial vorgeschoben. Eine schon bedeutend bessere Maschine aus dem Jahre 1804 besitzt einen Rollwagensupport für die Bohrstange, während die Zahnstange fest auf dem Holzrahmen gelagert ist.

1804–1805 wurde die Kgl. Eisengießerei in Berlin (zunächst mit 6 Arbeitern) gebaut, der im Jahre 1806 ein Bohr- und Schleifwerk angegliedert wurde. Die Gießerei pflegte besonders den Kunst- und Bauguß.

Die weitaus umfangreichste Industrie des 18. Jahrhunderts, das Textilwesen, blieb von geringem Einfluß auf den Maschinenbau. Textilmaschinen wurden, soweit das fast nur handwerksmäßig betriebene Gewerbe solche benutzte, aus England eingeführt.

Der damals wichtigste Zweig der Metallbearbeitung, der einzige, der eine gewisse Massenerzeugung darstellte, war die Gewehrfabrikation. Die ältesten deutschen Gewehrindustrien sind die von Nürnberg, Suhl, Zella, Essen und Solingen, wo das Waffenhandwerk seit mehreren Jahrhunderten unter besonderem Schutz der Obrigkeit stand. Im Jahre 1722 wurde die Spandau-Potsdamer Fabrik gegründet, die in den ersten Jahren etwa 10 000 Gewehre lieferte. Die Fabrikation wurde durchaus handwerksmäßig betrieben. Die einzige in der Frühzeit benutzte Maschine war der Aufwurfhammer zum Laufschiemen. Der Übergang zur eigentlichen modernen Fabrikation begann im Jahre 1827, als Feilschablonen und Lehren eingeführt wurden und Handarbeit teilweise durch Maschinenarbeit ersetzt wurde. Besser waren die Fertigungsverfahren in der im Jahre 1809 in Neiße gegründeten Gewehrfabrik, wo insbesondere die Spezialisierung der Arbeit besser durchgeführt wurde. Immerhin blieb die Gewehrfabrikation bis nach 1870 ein zünftlerisches Geheimhandwerk.

Von einem Austauschbau war weder in der Gewehrfabrikation noch anderswo die Rede. Der Schweizer Bodmer betrieb zwar schon um das Jahr 1811 eine Fabrik für die austauschbare Herstellung von Handfeuerwaffen in St. Blasien (im Schwarzwald) und baute dort eine Anzahl von Spezialmaschinen für die bis dahin mit der Hand ausgeführten Arbeitsstufen. Das Gewehrschloß soll er jedenfalls maschinenfertig hergestellt haben. Gefräst hat er anscheinend noch nicht; er soll aber gleichmäßigere und billigere Fabrikate als üblich hergestellt haben. (Einzelheiten sind nicht bekannt geworden und waren auch durch Rückfrage in St. Blasien nicht zu erfahren.) Die Bodmersche Fabrik blieb jedenfalls in Deutschland ganz einflußlos.

Zu Anfang des 19. Jahrhunderts fehlte es in Deutschland fast völlig an geschickten Maschinenbauern; der Erfindergeist schlief. Wo eine Werkzeugmaschine zum Bohren von Geschützen oder Maschinentzylindern gebraucht wurde, da stellte man sie für den vorliegenden Zweck zusammen; von einem planmäßigen Hilfsmaschinenbau war keine Rede. Es scheint auch nicht, als ob man derartige Maschinen in der damaligen Zeit von England bezogen habe. Der dortige Werkzeugmaschinenbau war noch nicht so weit, daß er für den Verkauf arbeitete, und ob sich überhaupt der Bezug derartiger Maschinen gelohnt hätte, erscheint fraglich. Das Gießen und Ausbohren größerer Zylinder verstanden nur wenige Werke, man behalf sich deshalb im Hüttenwesen an Stelle der viel leistungsfähigeren englischen Zylindergebläse mit den leichter herzustellenden Balg- und Kastengebläsen, die man im Inlande herzustellen verstand.

Die Einführung der Gewerbefreiheit in Preußen im Jahre 1810 bildete zusammen mit der ungehinderten Einfuhr fremder Eisenwaren eine schwere Schädigung für die einheimische Industrie.

Im Jahre 1812 gab es erst zwei Betriebsdampfmaschinen in Preußen, eine in der Berliner Porzellanmanufaktur und eine in einer Leinenweberei. Die Regierung beschloß deshalb, drei weitere Maschinen zu bauen, zwei davon kostenlos an Berliner Fabriken abzugeben und die dritte in der Kgl. Eisengießerei in Berlin als Muster aufzustellen. Die Maschinen wurden von der Kgl. Eisengießerei gebaut, die einzelnen Teile wurden nach auswärts vergeben. Die Zylinder dieser Maschinen wurden ebenso roh bearbeitet, wie die der Newcomenmaschine der siebziger Jahre des 18. Jahrhunderts, d. h. sie waren nicht gebohrt, sondern gescheuert. Große Schwierigkeiten machte auch die Bearbeitung der Kolbenstangen. Jedenfalls bedeuteten diese drei ersten Maschinen einen Mißerfolg.

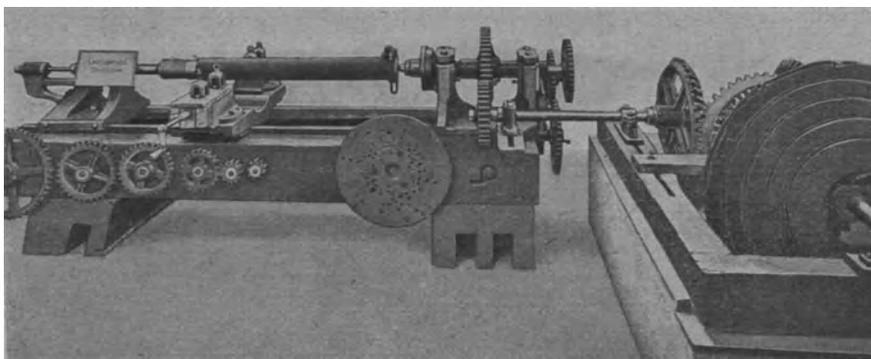


Abb. 1. Englische Leitspindeldrehbank.

Erbauer unbekannt, deutsches Museum, 1810 von König nach Deutschland gebracht. Holzbett mit Gußführungen, geradflankige, roh gegossene Zahnräder, Links- und Rechtsganggetriebe auf dem Fußboden (anscheinend für Pferdeköpelantrieb). Leitspindel mit Spitzgewinde, Doppelstahlhalter. Glatte Planscheibe mit Bolzenlöchern.

Die Kgl. Eisengießerei baute in den Jahren 1816 und 1818 auch zwei Lokomotiven nach englischen Vorbildern, die aber ebensowenig Erfolg hatten, wie ihre Dampfmaschinen.

Nach Beendigung der Befreiungskriege ging man in den führenden deutschen Staaten tatkräftig an die Schaffung inländischer Industrien, um den Nationalwohlstand und die Staatseinkünfte zu heben.

Die beherrschende Einwirkung der Staatsbehörden war in Deutschland viel größer als je in England und Amerika, allerdings handelte es sich dabei stets um die Stärkung des handwerksmäßigen Unternehmertums, nicht um die Schaffung einer Großindustrie. Preußen war im Jahre 1815 noch so sehr Agrarstaat, daß 80 vH der Bevölkerung von der Landwirtschaft und nur 10 vH von Handel und Gewerbe lebten.

Im Jahre 1820 wurde nach englischen und französischen Vorbildern der Berliner „Verein zur Beförderung des Gewerbefleißes“ von Beuth gegründet, der sich die Einführung vorbildlicher englischer Maschinen besonders angelegen sein ließ. Die seit 1822 erscheinenden Verhandlungsberichte dieses Vereins bildeten ebenso wie Dingers Polytechnisches Journal seit 1820 ausgezeichnete Lehrkurse für die preußische und deutsche Industrie. Den Hauptinhalt lieferten englische Vorbilder. Beuth schuf eine öffentliche Bibliothek für mechanische Technologie und

andere Bildungsstätten (Gewerbeschulen, Gewerbeinstitut). 1822 fand die erste Ausstellung in Preußen statt; die Beteiligung war schwach und kam nur durch staatlichen Zwang zustande.

Übrigens war es nicht leicht, die Kenntnis der englischen Modelle zu erwerben. Schon durch die 1806 eingeführte Kontinentalsperre war die Einführung englischer Neuerungen völlig unterbrochen worden. Nachher war England selbst ängstlich darauf bedacht, seine Geheimnisse zu hüten; die Maschinenausfuhr wurde verboten und konnte nur in einzelnen Fällen durch behördlichen Beschluß gestattet werden. Ebenso wurde die Auswanderung von Mechanikern untersagt. Beuth ließ deshalb

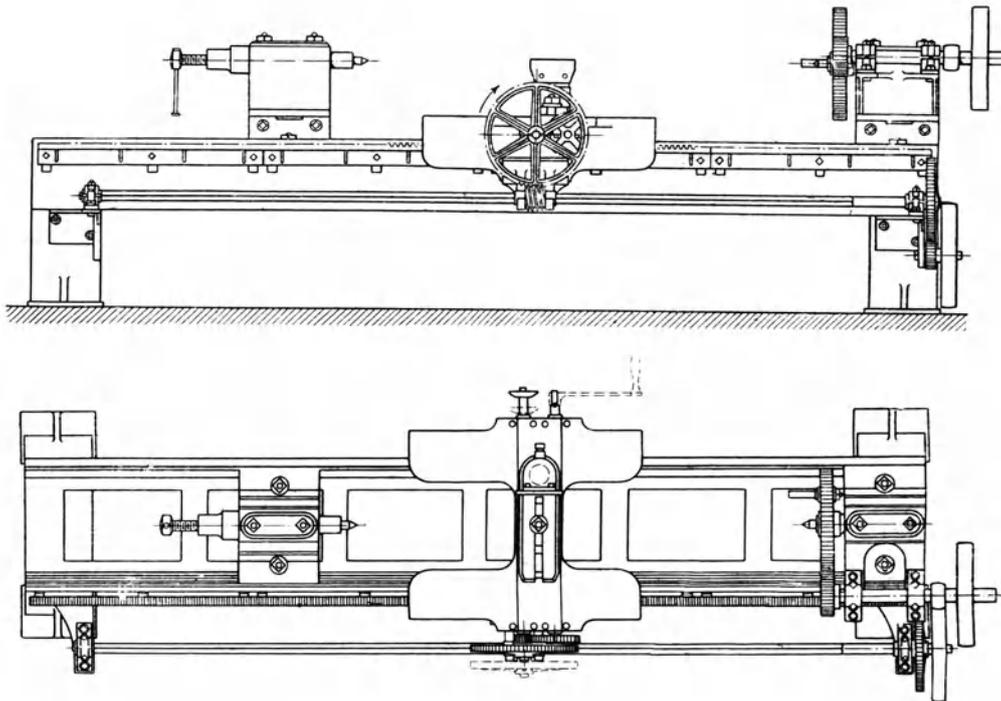


Abb. 2 und 3. Zugspindeldrehbank von Fox in Derby (England).
Spitzenhöhe etwa 320 mm. Tote Spitzen. Keine Leitspindel. Supportlängsantrieb durch Vierkantwelle. Arbeitete in der Metallwerkstatt des Kgl. Gewerbe-Instituts in Berlin.
Aus: Verhandl. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbleißes 1831.

die in England gekauften Maschinen in einzelne Teile zerlegen und diese getrennt verschicken. Zum Studium der englischen Technik sandten die verschiedenen deutschen Regierungen Beamte hinüber, deren Berichte sie untereinander austauschten. Es wurden auch hie und da englische Arbeiter herübergeholt, welche die neuartigen Werkzeugmaschinen bedienen mußten; sie waren aber teuer und schwierig zu behandeln. Da die Löhne auf dem Kontinent niedriger waren als in England (die Lebensbedürfnisse waren in den zwanziger Jahren in England sechsmal teurer als in Süddeutschland und viermal teurer als in Frankreich), so war die Konkurrenzfurcht Englands einigermaßen verständlich. Für Deutschland kam als Hauptmaschinenlieferant Frankreich in Betracht, das aber bei weitem nicht auf der technischen Höhe wie England stand. Dingler behauptet im Jahre 1824, daß Maudslayi — der erste und bedeutendste englische Werkzeugmaschinenfabrikant — infolge

des Ausfuhrverbotes seit 7 Jahren Bestellungen für 20 000 £ nicht annehmen konnte; er verlangte deshalb vom Parlament die Erlaubnis zur Ausfuhr, da besonders Deutschland viele Maschinen bestellen würde; eine Konkurrenzgefahr läge nicht vor, da das deutsche Gußeisen so schlecht und teuer sei, daß die Maschinen in Deutschland um 25 vH teurer werden würden (also trotz der niedrigen Löhne!). Die gleiche Quelle gibt ein Bild der Schwierigkeiten, mit denen man selbst die Ausfuhrerlaubnis zu nehmen hatte; die Fracht- und Aufstellungskosten einer englischen Dampfmaschine in Deutschland waren mindestens so hoch wie der ganze Maschinenpreis, die Einführung der Dampfmaschine als Betriebsmaschine konnte deshalb im allgemeinen nicht empfohlen werden, da Pferde billiger seien (!). Von den in der Frühzeit ein-

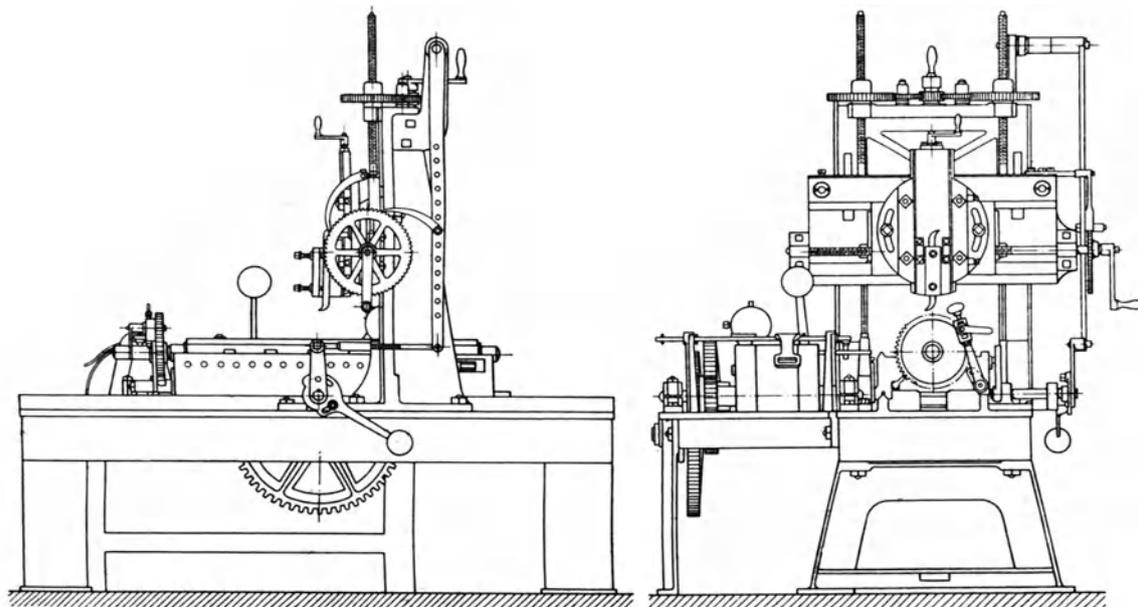


Abb. 4 und 5. Hobelmaschine von Fox in Derby (England).

Gebaut für die Werkstatt des Kgl. Gewerbeinstituts in Berlin. Durchgang zwischen den Ständern 1' 2'' preußisch = 366 mm. Antrieb durch einen gekreuzten und einen offenen Riemen und Rädergetriebe mit Zahnstangen. Umschaltung vom Tisch aus mit Handhebel. Teilvorrichtung zum Hobeln kantiger Gegenstände. Selbstgang in wagerechter Richtung durch Schraubenspindel, Sperrrad, Klinke, Gestänge, Tischanschlag und Fallhebel. (Die Klinke wird je nach Höhe des Querbalkens in passenden Löchern des Gestänges befestigt.)

Aus: Verhandl. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbefleißes 1833.

geführten englischen Werkzeugmaschinen ist die im Jahre 1810 von König bezogene große Drehbank im Deutschen Museum aufbewahrt. (Abb. 1.) Der Kreuzsupport wurde um 1815 bekannt und war in den zwanziger Jahren in den meisten deutschen Werkstätten eingeführt. Um 1830 wurden durch Beuth englische Drehbänke, Hobelmaschinen, Zahnräderschneidemaschinen usw. eingeführt und zum Teil im Kgl. Gewerbeinstitut in Berlin aufgestellt; zum Teil wurden englische Maschinen den Fabrikanten kostenlos überlassen und nur die Bedingung gestellt, daß sie auch benutzt würden. Auch französische und amerikanische Maschinen und Apparate wurden angekauft und kopiert, oder es wurden Werkzeugzeichnungen danach hergestellt und verteilt.

Allmählich begann die preußische Maschinenindustrie sich zu entwickeln, allerdings sehr langsam und nur unter steter Unterstützung durch die Regierung,

die noch im Jahre 1825 darüber klagt, daß in allen Landesteilen der Fabrik- und Handelsgeist fehle. Im Jahre 1816 wurde die Freundsche Dampfmaschinenfabrik, die im gleichen Jahre ihre erste Dampfmaschine baute, 1821 die erste private Eisengießerei mit mechanischer Werkstatt (für Dampfmaschinen usw.) in Berlin von Egells gegründet, der um 1840 eine der besteingerichteten Maschinenfabriken Preußens besaß und doch nur eine einzige Supportdrehbank sein eigen nannte. 1838 eröffnete Freund seine Eisengießerei, der im Jahre 1844 die von Wöhlert folgte. Im Jahre 1838 wurde die Maschinenbaugesellschaft Nürnberg gegründet, vom Jahre 1845 an baute die Maschinenfabrik Augsburg, die aus der Reichenbachschen Maschinenfabrik hervorging, Dampfmaschinen. In den vierziger Jahren trat Krupp mit seinen Gußstahl-Gewehr- und -Geschützläufen hervor. Mitte der dreißiger Jahre entstand der Eisenbahnbau mit seinem Bedarf an starken Bearbeitungsmaschinen. Im Jahre 1835 wurde die erste Eisenbahn Nürnberg—Fürth eröffnet, 1836 folgte die Strecke Leipzig—Dresden, 1838 Berlin—Potsdam. Im Jahre 1840 bestanden etwa 470 km, 1845 etwa 2140 km, 1850 etwa 6140 km Bahnstrecke. Die Fabrik von Henschel & Sohn in Cassel war schon im Jahre 1817 für den Bau von Maschinen gegründet worden. 1837 wurde die Fabrik von Borsig (die später auch Bohrmaschinen baute), 1852 Schwartzkopff gegründet. 1835 gründete Egestorff in Linden-Hannover eine Dampfmaschinenfabrik und Eisengießerei, die sich um die industrielle Entwicklung des Königreichs Hannover große Verdienste erwarb. Matschoß nennt eine große Zahl von deutschen Fabriken, die in den Jahren 1838 bis 1869 Lokomotiven bauten, darunter Egells in Berlin.

Folgende Firmen (die auch heute noch Lokomotiven bauen) stellten nach der gleichen Quelle ihre erste Lokomotive fertig:

Borsig, Berlin, 1841; Maffei, München, 1841; Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe, 1842; Egestorff, Linden-Hannover, 1846; Masch.-Fabrik Eßlingen, 1847; Henschel & Sohn, Cassel, 1848; Richard Hartmann, Chemnitz, 1848; Uniongießerei Königsberg, 1855; Vulcan, Stettin, 1859; Schichau, Elbing, 1860; Schwartzkopff, Berlin, 1867; Krauß & Co. A.-G., München, 1867.

Das erste Dampfschiff wurde in Deutschland im Jahre 1816 bei Spandau von dem Engländer Humphrey gebaut; die Maschinen dazu wurden aus England bezogen, die übrigen Teile lieferte das Inland. Es fuhren dann mehrere Dampfer von Berlin nach anderen Städten, aber erst in den dreißiger Jahren wurde die Binnendampfschiffahrt entwickelt. 1837 wurde die Werft von Schichau gegründet. 1856 begann die Hamburg-Amerika-Linie, 1857 der Norddeutsche Lloyd mit dem Überseeverkehr.

Mitte der dreißiger Jahre entstand eine große Anzahl neuer Dampfmaschinenfabriken; die Dampfmaschine blieb aber doch bis 1850 noch verhältnismäßig wenig verbreitet. Im Jahre 1837 gab es in Preußen 423 Dampfmaschinen mit 7513 PS, davon 62 Betriebsmaschinen von Maschinen- und Metallbearbeitungsfabriken mit 1281 PS.

Die Anzahl der 1852 in Preußen arbeitenden Dampfmaschinen betrug 2832 mit 92 462 PS; davon entfielen auf Betriebsdampfmaschinen für Maschinen- und Metallbearbeitungsfabriken 405 mit 8415 PS. 1861 waren es 8669 Maschinen mit 865 631 PS.

1842 fand die erste gemeinsame Ausstellung der deutschen Einzelstaaten in Mainz, 1844 die erste deutsche Gewerbeausstellung in Berlin statt, die der Industrie großen Nutzen brachte.

Nach Beck („Geschichte des Eisens“) wurde in den vierziger Jahren im englischen Parlament gesagt, daß die französischen und preußischen Eisen- und Stahlwaren sich seit 25 Jahren gebessert hätten und den englischen in Amerika Konkurrenz machten. Nach Fleischmann (1850) standen die deutschen Eisenwaren den englischen weder an Schönheit noch an Qualität nach. Übrigens wurde viel Handwerkszeug nach amerikanischen Vorbildern hergestellt. Die Jahre 1847 und 1851 bedeuteten Höhepunkte in der Entwicklungsgeschichte der deutschen Eisenindustrie; in letzterem Jahre zeigte Krupp seinen großen Gußstahlblock und seine den englischen überlegenen Geschütze auf der Londoner Weltausstellung.

So finden sich in der ersten Jahrhunderthälfte eine ganze Reihe von Entwicklungsansätzen, zu einer Entfaltung kam es aber nicht. Das geistige Leben Deutschlands war von politischen, gelehrt-philosophischen und romantisch-künstlerischen Bestrebungen in Anspruch genommen, technische Betätigung war wenig geachtet, der Nationalwohlstand war gering, das private Kapital stand der jungen Industrie

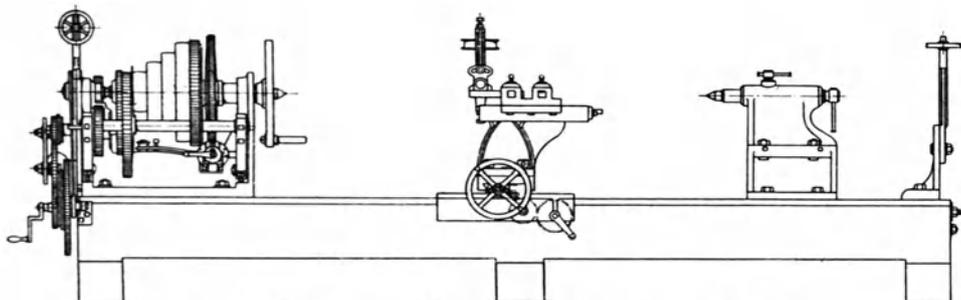


Abb. 6. Leitspindeldrehbank mit Fräs- und Teilapparat von Hamann in Berlin.

Gebaut für die Werkstatt des Kgl. Gewerbeinstitutes in Berlin. Spitzenhöhe $19\frac{3}{4}$ preußisch = 517 mm, Spitzentfernung etwa $10'$ preußisch = 3140 mm. Antrieb durch vierfache Stufenscheibe und 2 doppelte Rädervorgelege (auf je einer vorderen und hinteren Horizontalwelle). Leitspindel in der Mitte des Bettes (feste Mutter). Fräsapparat auf dem Kreuzsupport. Teilscheibe auf der Drehbankspindel.

Aus: Verhandl. d. Ver. z. Beförd. d. Gewerbleißes 1849.

uninteressiert oder abwartend gegenüber. Staatliche Anregungen, um die Bildung von Aktiengesellschaften zu unterstützen, fehlten; die agrarischen Staatsleitungen besaßen nicht die geschäftliche Initiative der englischen, amerikanischen, französischen und belgischen Regierungen. Nur für den Bau und Betrieb der Eisenbahnen bildeten sich größere Gesellschaften. Der Zollschutz war schlecht; bis zum Jahre 1834, der Gründung des deutschen Zollvereins, bildete jeder der 40 deutschen Einzelstaaten ein Zollgebiet für sich. Die ungenügende Höhe der Einfuhrzölle bedeutete eine schwere Schädigung der deutschen Eisenindustrie; die deutschen Eisenbahnen wurden fast nur mit englischem und belgischem Material gebaut. Erst im Jahre 1844 entschloß man sich wegen der Notlage der Eisenindustrie zu einem mäßig hohen Zoll auf Roheisen.

Ein einheitliches Patentgesetz, wie es in England, Frankreich und Amerika anregend auf den Erfindergeist wirkte, bestand in Deutschland nicht; die einzelnen Staaten erteilten zwar Erfinderprivilegien auf Grund ministerieller Erlasse (Preußen im Jahre 1815, Bayern 1825, Württemberg 1836, Sachsen folgte 1853), aber es gab keine Prüfung und keine Veröffentlichung. Dazu mußte beispielsweise in Preußen die patentierte Erfindung geheim gehalten werden, so daß man ständig Gefahr lief, gegen Patente zu verstoßen. Das Privileg war kostenlos, die Dauer $\frac{1}{2}$ bis 15 Jahre (meist bis 5 Jahre). Der einzige Ansatz zu einem ordentlichen

Patentgesetz war die im Jahre 1842 erfolgte Einigung der deutschen Zollvereinsstaaten über die allgemeinen patentrechtlichen Grundsätze. Der Jahresdurchschnitt der in Preußen erteilten Patente betrug in den Jahren 1815—1821: 9, 1822—1837: 17, 1838—1848: 59 und stieg langsam bis auf 74 im Jahre 1870. Die Metallbearbeitung ist unter diesen Patenten der Zahl und der Bedeutung nach sehr gering vertreten: ausländische Anmelder finden sich dabei gar nicht. Die meisten Erfinderprivilegien erteilte Sachsen (von 1825 bis Mitte 1877 5006!).

Zu den genannten Schwierigkeiten trat der Mangel an Maschinenarbeitern.

Die Entwicklung der deutschen Industrie ging deshalb sehr langsam vor sich. Der Übergang zur Großindustrie, der Ausbau des Eisenbahnwesens, der Banken usw. erfolgte erst anfangs der fünfziger Jahre.

Von dem für die spätere Entwicklung der deutschen Industrie so wichtigen Fachschulwesen war in dieser Zeit noch wenig zu merken. Die Einführung der Gewerbefreiheit im Jahre 1810 hatte den Einfluß der Zünfte und das Interesse der Meister verringert, ein staatlicher Zwang bestand in Preußen (im Gegensatz zu anderen deutschen Staaten) noch nicht. Die ersten Fortbildungsschulen waren für die Textilindustrie, das Bauwesen und das Kunstgewerbe bestimmt. Erst in den sechziger Jahren entwickelte sich das Gewerbeschulwesen, unter dem Einfluß der entstehenden Großbetriebe und des bedrängten Handwerks. Erstere brauchten gut ausgebildete Arbeiter für ihre teuren Maschinen, letztere mußten durch bessere Ausbildung geschützt werden. Die Gewerbeordnung vom Jahre 1869 ermöglichte dann den Schulbesuch der Lehrlinge bis zur Vollendung des 18. Jahres.

Auf den Werkzeugmaschinenbau wirkten die Schwerindustrie, der Bergbau und der Eisenbahnbau ein. Der Bedarf an Gebrauchsmaschinen war gering, die Gewerfabrikation wurde zwar verhältnismäßig lebhaft, aber in der Hauptsache immer noch handwerksmäßig betrieben. Vorbilder fand der Werkzeugmaschinenbau vor allem an Whitworths Erzeugnissen, die denn auch in großem Umfang nachgebaut und in mancher Hinsicht weiterentwickelt wurden. Ein eigentliches Konstruieren gab es also noch nicht; Gestaltung und Fertigung waren Sache der Werkstatt.

Das Zentrum der Werkzeugmaschinenindustrie wurde in den fünfziger Jahren Chemnitz, wo die eingesessene Textilindustrie seit den vierziger Jahren einen verhältnismäßig entwickelten Textilmaschinenbau hervorgerufen hatte; vorher war England der alleinige Lieferant für diese Maschinen gewesen. Der neuere deutsche Werkzeugmaschinenbau ging also ganz wie der amerikanische aus der Textilmaschinenindustrie hervor. Zur Kennzeichnung der rührigen sächsischen Industrie kann die oben angeführte Tatsache dienen, daß Sachsen derjenige deutsche Staat war, der die meisten Patente erteilte. Über das sächsische Patentwesen in den Jahren 1825 bis 1877 liegt eine gute Statistik von Hartig vor. Danach entfällt von den innerhalb dieses Zeitraumes erteilten 5006 Patente die Höchstzahl, nämlich 30,6 vH, auf die Textilklasse, hierauf kommen die Klassen „Maschinenbau“ und „Nahrungsmittel“ und dann kommt die „Industrie der Metalle“ mit 7,07 vH (354 Patenten). Von diesen wieder betrafen 122 Patente Werkzeugmaschinen aller Art. (In Preußen, wo eine Klasseneinteilung wie in Sachsen fehlte, wurde schätzungsweise seit 1815 etwa die Hälfte dieser Zahl an Metallbearbeitungspatenten erteilt.) Die Erfindertätigkeit in Sachsen war übrigens in der ersten Jahrhunderthälfte sehr gering. Erst im Jahre 1851 wurde eine Jahresziffer von 50 Patenten erreicht; 1860 wurden 134, 1870: 157, 1876: 457 erreicht. Von den in den Jahren 1825 bis 1875 erteilten Patenten wurden 42,2 vH an Inländer, 29,7 vH an andere Deutsche, 28,1 vH an Aus-

länder erteilt. (In der Klasse „Industrie der Metalle“ war die Beteiligung der Inländer und Ausländer etwas niedriger.) Eine Verlängerung auf 10 Jahre oder darüber (gegen eine Gebühr von 50 Taler) erfolgte nur bei knapp 4 vH aller Patente.

Ganz ähnlich wie Manchester und Leeds in England und die Oststaaten in Nordamerika, so zeigt auch Chemnitz, daß sich der frühe Werkzeugmaschinenbau in örtlicher Konzentration entwickelt.

Unter den führenden Firmen, die den Whitworthtyp zu einer hochwertigen und einheitlichen deutschen Maschinenklasse entwickelten, sind vor allem Zimmermann und Hartmann zu nennen.

Ehe eine Beschreibung der Einzelgeschichte der wichtigsten Werke stattfindet, sei bemerkt, daß sich für die meisten deutschen Werkzeugmaschinenfabriken nur sehr lückenhafte Entwicklungsbilder aufzeichnen lassen; nur wenigen Firmen ist ihre eigene Geschichte noch völlig bekannt, meist finden sich nur Aufzeichnungen aus den letzten Jahrzehnten.

Johann Zimmermann gründete 1844 eine Fabrik für die Herstellung von feineren Maschinenteilen, besonders Spinnmaschinenzylindern. Im Jahre 1848 nahm er den Bau von kleinen Drehbänken und Bohrmaschinen auf und erregte Aufsehen dadurch, daß er sich im Jahre 1854 auf die damals nur nebenher gebauten Werkzeugmaschinen spezialisierte. Zimmermanns Bestreben, deutsche Werkzeugmaschinen als Konkurrenten der englischen zu bauen, wurde geradezu bespöttelt, obgleich er schon im Jahre 1852 die erste öffentliche Anerkennung auf einer Ausstellung in München erhalten hatte. Im Jahre 1854 beschäftigte die Firma 50 Arbeiter; sie baute übrigens auch Holzbearbeitungsmaschinen, deren Herstellung damals noch ganz fremd in Deutschland war. Im Jahre 1862 erwarb Zimmermann auf der Londoner Ausstellung eine hohe Auszeichnung, die um so höher einzuschätzen war, als Whitworth selber zur Preisjury gehörte. Die Firma hatte Hobelmaschinen und Drehbänke nach englischem Muster ausgestellt; die von ihr gezeigten Maschinen gehörten zu den besten, die überhaupt ausgestellt waren. Sie waren etwas leichter als die englischen, aber das Gußeisen war fester und härter als das in England gebräuchliche. Auf dieser Ausstellung waren aus Preußen nur Berliner Firmen und diese nur mit wenigen Maschinen vertreten; überhaupt zeigte sie nicht viele außerenglische Werkzeugmaschinen. Im Jahre 1863 betrug die Arbeiterzahl 500 bis 550, an Arbeitsmaschinen waren 70 Drehbänke und 55 andere Maschinen vorhanden. Einen ersten Preis erhielt Zimmermann auch in Paris im Jahre 1867, während größere englische Werke sich mit geringeren Auszeichnungen begnügen mußten — zum großen Arger englischer Fachblätter. Hier fielen besonders die



Johann Zimmermann
geb. 1820. gest. 1901.

Zimmermannschen Stirn- und Kegelradhobelmaschinen mit Schablone auf. Nach dem Krieg 1870/71 wurde die Fabrik vergrößert und gleichzeitig (im Jahre 1871) in eine Aktien-Gesellschaft umgewandelt. In Wien 1873 (wo vor allem Chemnitzer Maschinen ausgestellt waren) sah man Spezialdrehbänke, Stehholzenbohrmaschinen, Zahnradfräsmaschinen, Bolzenschneidemaschinen, eine Horizontalbohrmaschine und eine vierspindlige Mutternschneidemaschine; ferner eine verbesserte Whitworth-Radialbohrmaschine (dieser Typ war in Deutschland beliebter als die Fairbairnsche Bauart). Einige der ausgestellten Maschinen wurden auch von englischen Fachblättern gelobt.

Richard Hartmann richtete im Jahre 1837 eine kleine Werkstatt mit drei Arbeitern ein, in der er verschiedene Maschinen, darunter Textilmaschinen, herstellte. 1840 baute er die erste Dampfmaschine, 1848 die erste Lokomotive. Um diese Zeit wurden auch Gewehre fabriziert; so lieferte Hartmann 20 000 Zündnadelgewehre an die sächsische Regierung. 1854 wurde eine eigene Gießerei geschaffen, 1857 der Werkzeugmaschinenbau eingeführt; besonders wurden schwere Maschinen gebaut. In diesem Jahre beschäftigte das ganze Werk bereits 2000 Arbeiter mit 6 Dampfmaschinen von 150 PS und 540 Arbeitsmaschinen; der Werkzeugmaschinenbau konnte sich deshalb sogleich in größerem Maßstabe entwickeln. 1862 stellte Hartmann in London Langlochfräsmaschinen mit beweglichem Werkstück aus. Im Jahre 1864 war die Nachfrage nach schweren Werkzeugmaschinen für Geschützfabriken, Schiffswerften und Hüttenwerke schon so groß, daß ein eigenes Gebäude für ihre Herstellung gebaut wurde. In Paris 1867 zeigte Hartmann eine große Vertikalstoß-



Richard Hartmann
geb. 1809. gest. 1878.

maschine mit Antrieb durch elliptische Räder, eine Horizontalstoßmaschine mit ziehendem Stahl und Einzelantrieb usw.; er erhielt dafür eine erste Auszeichnung. Im Jahre 1870 erfolgte die Umwandlung des Werkes in eine Aktien-Gesellschaft. Die in Wien 1873 ausgestellten großen Bohrmaschinen, Blechkantenhobelmaschinen, Radbandagenspezialmaschinen usw. wurden hinsichtlich ihres konstruktiven Aufbaues und ihrer Ausführung sogar von englischen Berichterstatern sehr gelobt. Hartmann zeigte dort die größte Horizontalbohr- und -Fräsmaschine mit einem Gewicht von 9000 kg. Seine Radialbohrmaschinen waren nach Fairbairns Konstruktion gebaut. Im Jahre 1885 richtete die Firma eine besondere Werkstatt für den Bau kleinerer Werkzeugmaschinen ein; um 1896 beschäftigte sie 600 Arbeiter für Werkzeugmaschinen; ihre Jahresleistung betrug um diese Zeit über 1½ Mill. Kilogramm. Die Fabrik zog es vor, sich nicht zu spezialisieren; sie besitzt 5 Abteilungen: für Lokomotiven; Werkzeugmaschinen; Dampfmaschinen; hydraulische Motoren und Mühlen; Spinnereimaschinen, Webereimaschinen. An Werkzeugmaschinen über-

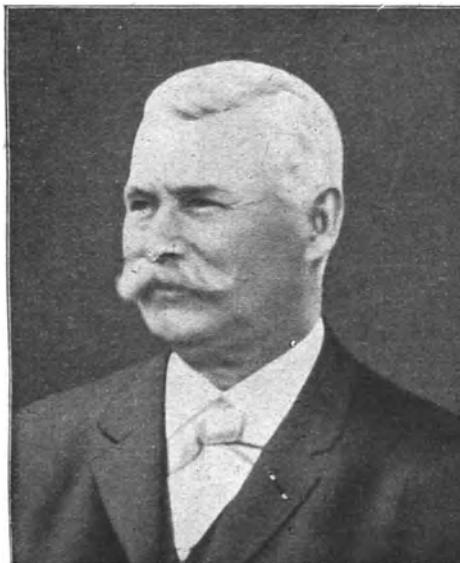
wiegt die Großmaschine; außer den verspannenden Maschinen werden Blechbearbeitungsmaschinen, Pressen, Fallhämmer usw. gebaut.

Die Fabrik von Sondermann & Stier in Chemnitz wurde im Jahre 1857 gegründet; zunächst wurden billige Horizontalstoßmaschinen und Wandbohrmaschinen gebaut. Im Jahre 1859 wurde der Bau schwerer Werkzeugmaschinen, Mutternschneidmaschinen, Sondermaschinen für den Eisenbahnbedarf usw. aufgenommen; im Jahre 1862 zeigte die Firma in London eine Rohrgewindeschneidbank. Nach und nach stieg die Zahl der gebauten Maschinentypen auf 89; eine scharfe Beschränkung führte die Firma erst im 20. Jahrhundert durch. Die Jahresausbringung betrug im Anfang etwa 80 Maschinen, später stieg sie bis auf ca. 400 Maschinen.

An kleineren Fabriken ist Diehl, später „Werkzeugmaschinenfabrik Union“, zu erwähnen, die im Jahre 1852 gegründet wurde und im Jahre 1888 127 Arbeiter beschäftigte. Die Firma baute bis zur Jahrhundertwende alle Sorten von Werkzeugmaschinen. In den siebziger Jahren bestanden noch folgende Chemnitzer Fabriken: Limbach, Saxonia (Constantin Pfaff vom Jahre 1843 ab), Hermann Ulbricht, Werkzeugmaschinenfabrik „Vulkan“ (vorher Wilhelm Bendorf), Maschinenbauverein Chemnitz (vormals Schellenberg) und Hermann Michaelis. In Neuschönefeld bei Leipzig baute J. G. Schöne & Sohn Vertikalstoßmaschinen und anderes. — Unter den Fabrikaten dieser Firmen finden sich vor allem kleine Drehbänke, Bohrmaschinen und Eisenbahnschneidmaschinen, dagegen nur wenige Fräsmaschinen. Der Stil ist durchweg der gleiche: klobige schwere Formen, meist Hohlgußkörper, ohne harmonische Durchbildung der Konstruktion; Einkapselung der Zahnräder war — wie auch bei den ausländischen Maschinen — unbekannt.

Dies sind die für die voramerikanische Periode in Deutschland wichtigsten Firmen des Werkzeugmaschinenbaues. Die nachher noch aufzuführenden süddeutschen, elsässischen, westdeutschen und Berliner Firmen sind für diesen Zeitabschnitt von viel geringerer Bedeutung als die des Chemnitzer Zentrums.

Weniger wichtig für diese erste Blütezeit des deutschen Werkzeugmaschinenbaues war die Fabrik von J. E. Reinecker, die aber doch in diesem Zusammenhange schon erwähnt werden soll. Ihre Bedeutung lag zunächst nur im Werkzeugbau; sie ging nicht wie die vorigen aus dem allgemeinen Maschinenbau hervor. Die Firma nahm auch deshalb eine Sonderstellung im Chemnitzer Bezirk ein, weil sie sich als erstes der dortigen Werke von amerikanischen Werkzeugvorbildern befruchten ließ und für den eigenen Bedarf frühzeitig amerikanische Maschinen einführte. Die erste ganz kleine Werkstatt wurde im Jahre 1859 eingerichtet, zunächst für die Herstellung von Gewindeschneidwerkzeugen. Im Jahre 1867 waren 9 Ge-



Julius Eduard Reinecker
geb. 1832. gest. 1895.

helfen mit 3 Werkzeugmaschinen beschäftigt, 1876 52 Arbeiter mit 30 Maschinen, 1891 226 Arbeiter und 211 Maschinen. Anfangs der siebziger Jahre wurde die erste Fräsmaschine für allgemeine Arbeiten, wie sie damals außer in Amerika noch nicht zu kaufen war, selbst gebaut, 1873 wurden die ersten amerikanischen Maschinen von Brown & Sharpe gekauft. Frühzeitig erkannte Reinecker die Bedeutung der 1873 in Wien ausgestellten hinterdrehten Fräser von Brown & Sharpe; da eine



Abb. 7. Erste Werkstätte und Werkzeug-handlung von J. E. Reinecker in Chemnitz, Brotgasse. 1859.

Maschine zu ihrer Herstellung von Amerika nicht und in Deutschland erst Ende der siebziger Jahre, aber sehr teuer, zu erhalten war, so verlegte sich Reinecker selbst auf ihren Bau und brachte im Jahre 1882 seine erste Hinterdrehbank heraus. Von nun an erfolgte die Fabrikation hinterdrehter Fräser in großem Umfange; es bedurfte aber großer Anstrengungen, um dieses Werkzeug einzuführen. Es folgte die Schaffung des hinterdrehten Schneckenradfräasers. Mitte der achtziger Jahre begann der Bau von Sondermaschinen, die für den bald einsetzenden Motorwagenbau von großer Bedeutung wurden, so die Maschinen zur Erzeugung von Schneckenrädern mit achsialem Vorschub des Fräasers, die erste deutsche ganz selbsttätige Zahnradfräsmaschine, die Bilgramsche Abwälzhobelmaschine für Zahnräder. Dem allgemeinen Werkzeugmaschinenbau wandte sich die Firma in größerem Maßstabe erst anfangs der neunziger Jahre zu; so baute Reinecker die ersten starken Rundschleifmaschinen in Deutschland.

Von den süddeutschen Firmen wurde die Fabrik Manhard in München, die u. a. Bohrmaschinen baute, im Jahre 1848 gegründet; die Firma J. G. Weisser Söhne in St. Georgen wurde im Jahre 1856 gegründet; die Firma baute kleine Drehbänke und andere Maschinen sowie Werkzeuge für Uhrmacher und beschäftigte zunächst 10, im Jahre 1888 100 Arbeiter.

Die Firma Collet & Engelhardt in Offenbach a. M. wurde 1862 gegründet; ihre erste Einrichtung wurde gänzlich aus England bezogen. Zunächst wurden als Spezialität Bolzen- und Mutternschneidemaschinen (nacher nach Sellers' System) und Horizontalbohr- und -Fräsmaschinen gebaut; dazu kamen alle wichtigen übrigen Werkzeugmaschinen und Ende der sechziger Jahre auch Knopfautomaten für Elfenbein- und Knochenknöpfe. Auf der Pariser Ausstellung 1867 und in Wien 1873 standen verschiedene normale Maschinen. Ende der siebziger Jahre betrug die Arbeiterzahl etwa 100. Später waren

die Hauptfabrikationsgebiete: Sondermaschinen für Eisenbahnwerkstätten, mittel-schwere Normalmaschinen verschiedener Art und endlich tragbare Maschinen mit elektrischem Antrieb. Die Firma Gebr. Böhringer, Göppingen (Württemberg) wurde im Jahre 1845 für den Bau von Textilmaschinen, Holzbearbeitungs- und später Dampfmaschinen begründet. Ende der sechziger Jahre wurden Transmissionen und Werkzeugmaschinen als Hauptgegenstand hergestellt, von 1875 ab wurden nur noch Werkzeugmaschinen aller Art, kleine und schwere Modelle, gebaut. Die Arbeiterzahl betrug im Jahre 1860 20, im Jahre 1890 250.

In Wien sah man 1873 noch Maschinen von Riedinger, Augsburg (der als Spezialität Zahnradhobelmaschinen mit Schablonen und zwei Stählen nach Leupolts Patent baute, die schwerer und leistungsfähiger waren als die Maschinen von Zimmermann), Estever-Altötting, Lismann-München, Honer-Ravensburg, Thomas-Dresden, Kühn-Gera, Etterich-Stuttgart,

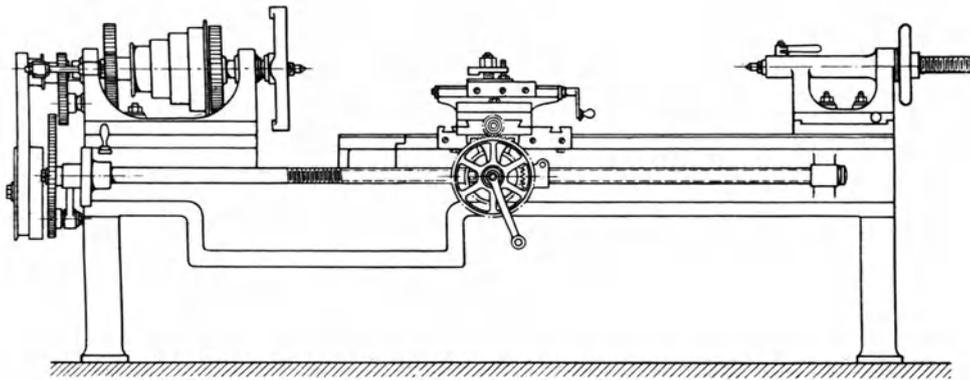


Abb. 8. Leitspindeldrehbank von Joh. Zimmermann in Chemnitz.

Spitzenhöhe 220 mm. Spitzenentfernung 1560 mm. Spindelantrieb durch vierfache Stufenscheibe und doppeltes Räder-vorgelege, Kreuzsupport. Antrieb des Supports durch Leitspindel. Keine Zugspindel.
Aus: Hartig, Versuche über Leistungen und Arbeitsverbrauch der Werkzeugmaschinen. Leipzig 1873.

Kerzdörfer-Ansbach, Henrich & Sohn-Hanau, Reichenbach-Augsburg, Gschwindt & Co.-Karlsruhe — alles Firmen, die zum größten Teil später eingingen, deren damalige Erzeugnisse den Chemnitzern ähnelten und zu besonderer Besprechung keinen Anlaß geben. Jedenfalls sah man in Wien die Erzeugnisse aller wichtigen Firmen; diese Ausstellung bedeutete den Höhepunkt des deutschen Werkzeugmaschinenbaues. Die meisten Maschinen lehnten sich an englische, ein Teil schon an amerikanische Vorbilder an; verschiedene Maschinen, wie die von Riedinger, waren Originalkonstruktionen.

Als eine der frühen deutschen Werkzeugfabriken ist die von Sautter & Meßner in Aschaffenburg zu nennen, die im Jahre 1862 von Hock gegründet wurde. Ähnlich wie Reinecker ließ sich auch dieser von Anfang an von Amerika beeinflussen. Zuerst stellte die Fabrik nur Schublehren, dann Winkel und Lineale, später Mikrometer, Normal- und Grenzlehren sowie Meßmaschinen her. Die Arbeiterzahl betrug zuerst weniger als 10 und stieg später bis auf 150. Auf Ausstellungen und in der Literatur tritt die Firma wenig hervor.

Carl Mahr in Eßlingen (Württemberg) gründete im Jahre 1861 eine Fabrik für Schublehren, die später die Herstellung der verschiedensten sonstigen Meßwerkzeuge für den Maschinenbau aufnahm.

Die erste deutsche Fabrik für Maschinen und Werkzeuge für Uhrmacher nach schweizerischen Vorbildern gründete G. Boley 1870 in Eßlingen (Württemberg). Die Arbeiterzahl betrug im Anfang 20 bis 30 Mann, der Umsatz 100 000 bis 200 000 M.; im Jahre 1891 150 Mann und 500 000 M.

In Mitteldeutschland entstand die Firma Billeter & Klunz in Aschersleben im Jahre 1857, zunächst für Reparaturarbeiten. Vom Jahre 1865 ab wurden Werkzeugmaschinen (Drehbänke, Bohr-, Hobel- und Fräsmaschinen) gebaut. Die Spezialisierung auf Hobelmaschinen (besonders Einpilastermaschinen) und Luftdruckhämmer erfolgte erst nach der Jahrhundert-

wende.

Ein alteingesessener Werkzeugmaschinenbau ist im Elsaß zu Hause. Die Vorgängerin der Firma Heilmann, Ducommun & Steinlen in Mülhausen wurde 1834 gegründet und baute in den vierziger Jahren Werkzeugmaschinen aller Art. Ihre in Wien 1873 gezeigten Maschinen, besonders Universalfräsmaschinen und Revolverdrehbänke, waren mit die besten der von deutschen Firmen gezeigten und wurden auch von englischen Berichterstattern gelobt. Die Elsässische Maschinenbaugesellschaft Grafenstaden entstand im Jahre 1872 durch Vereinigung zweier Firmen, deren eine, André Koechlin & Cie., im Jahre 1826 für den Bau von Textilmaschinen, dann auch für Dampfmaschinen und Lokomotiven gegründet wurde. Die andere, die Maschinenfabrik Grafenstaden, wurde im Jahre 1821 für den Bau von Brückenzugmaschinen gegründet, später wurden auch Winden und vom Jahre 1841 ab Werkzeugmaschinen gebaut. Gegen Ende des Jahrhunderts beschäftigten die beiden deutschen Werke der Firma (Mülhausen und Grafenstaden) zusammen 6000

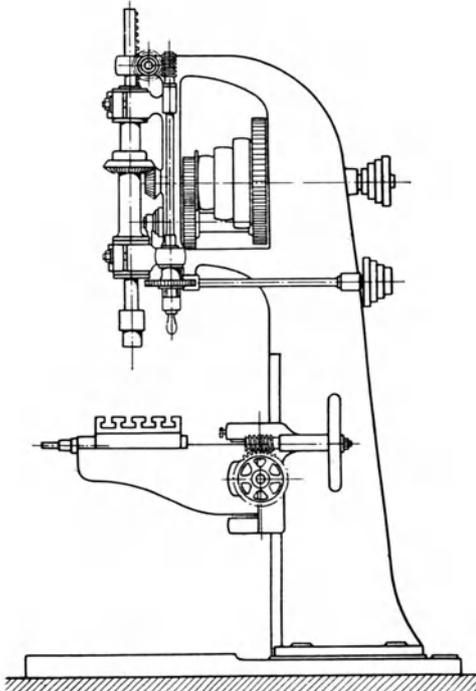


Abb. 9. Vertikalbohrmaschine mit Hohlgußgestell.

Ausladung 375 mm. Antrieb durch Stufenscheibe mit exzentrisch ausschwenkbarem, doppeltem Rädervorgelege. Selbsttätiger und Handvorschub durch nicht ausschwenkbaren Schneckenantrieb und Stirnradtrieb. Tisch mit Senkrechtverstellung, Querschlitzen mit Lotrecht-drehzapfen.

Aus: J. Hart, Die Werkzeugmaschinen. Heidelberg 1867.

Personen; fabriziert wurden außer Werkzeugmaschinen die verschiedensten Textilmaschinen, Eisenbahneinrichtungen, Dampfmaschinen, Dampfkessel und anderes. Stehelin & Huber in Bitschweiler bauten um 1840 Vertikal-Zylinder-ausbohrmaschinen, J. J. Meyer in Mülhausen anfangs der vierziger Jahre Horizontalstoßmaschinen, Meßner in Grafenstaden horizontale Zylinder-ausbohrmaschinen um 1850.

Westdeutschland, wo zuerst englische und belgische, später auch sächsische Maschinen benutzt wurden, ist für den deutschen Schwermaschinenbau, weniger für die hier hauptsächlich in Frage kommenden leichteren Maschinen von Bedeutung geworden. Die Fabrik von Ernst Schieß in Düsseldorf wurde im Jahre 1866

mit 4 Arbeitern gegründet, baute zuerst Lokomobilen, Dampfmaschinen, kleine Fördermaschinen usw. und wandte sich im Jahre 1869 mehr und mehr dem Bau von Werkzeugmaschinen zu. Im Jahre 1888 betrug die Arbeiterzahl 250. Eine Spezialisierung fand nicht statt, es wurden die verschiedensten normalen und Sonderzwecken dienenden Drehbänke, Fräsmaschinen, Bohr- und Horizontalbohrmaschinen, Schrauben- und Muttern-, Abstech-, Schleifmaschinen, Pressen und Blechbearbeitungsmaschinen, und zwar vor allem mittlerer und schwerer Größe gebaut. Der Stil war fast durchweg der alte Chemnitzer, bei einigen Maschinen machte sich amerikanischer, besonders Sellerscher Einfluß geltend. Bis zum Jahre 1900 wurden 7000 Werkzeugmaschinen verkauft.

H. O. Wagner gründete im Jahre 1865 die Firma Wagner & Co. in Dortmund, eine der ersten Werkzeugmaschinenfabriken für den Bedarf von Rheinland und Westfalen, zunächst in ganz kleinem Rahmen. Geschulte Arbeitskräfte fehlten damals in jener Gegend völlig und mußten deshalb in Sachsen angeworben werden. Auf der Wiener Weltausstellung im Jahre 1873 war die Firma vertreten. Im Jahre 1867 gründeten Froriep und Klingelhöffer eine kleine Maschinenwerkstatt in Rheydt; im Jahre 1876 trennten sich beide, Froriep blieb in Rheydt, Klingelhöffer zog nach Grevenbroich. Im Anfang baute Froriep Werkzeuge, Schleifmaschinen (die von der Naxos-Union in Frankfurt a. M. vertrieben wurden) und verschiedene kleinere Maschinen. Später gingen beide Firmen zu mittelgroßen und schweren Werkzeugmaschinen für Hütten-, Walzwerk- und Eisenbahnbedarf über. Die Arbeiterzahlen waren mäßig (Froriep im Jahre 1876: 40, im Jahre 1886: 160).

1872 wurde die Maschinenfabrik „Deutschland“ in Dortmund gegründet, die mit zuerst etwa 80 Arbeitern Eisenbahnbedarf aller Art, darunter Achsdrehbänke herstellte.

Kleinere billige Maschinen aller Art baute Jeep in Köln in den fünfziger Jahren, Berghausen in Köln baute um 1860 Zylinderbohrmaschinen, Josten in Düssel-

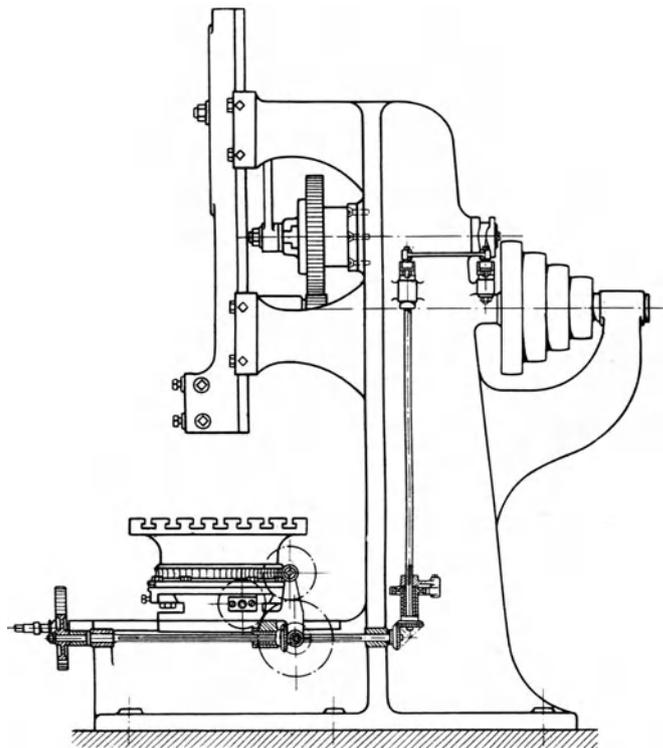


Abb. 10. Große Vertikalstoßmaschine.

Antrieb durch Umlaufkulisse. Ausladung etwa 360 mm. Hub etwa 240 mm. Rundtisch 565 mm Durchmesser. Selbsttätige Längs-, Quer- und Rundbewegung des Tisches.

Aus: J. Hart, Die Werkzeugmaschinen. Heidelberg 1867.

dorf und Lichthardt in Dortmund Ende der fünfziger Jahre verschiedene Sonderfräsmaschinen.

Der Berliner Werkzeugmaschinenbau trat, obgleich er älter war als der Chemnitzer und obgleich die Berliner Metallindustrie bedeutend war (sie beschäftigte im Jahre 1835 schon 4500, im Jahre 1856 10 200 Arbeiter), viel weniger klassebildend auf als dieser. In den fünfziger bzw. sechziger Jahren werden in der Literatur besonders Drehbänke und Horizontalstoßmaschinen von Hamann, Spezialmaschinen für den Geschützbau, Bohr-, Fräs-, Vertikal- und Horizontalstoßmaschinen, Hobelmaschinen, Drehbänke, sowie Schraubenschneidmaschinen von Freund, Eisenbahnräderdrehbänke und Radialbohrmaschinen von Wöhlert, Hobelmaschinen mit elliptischem Räderantrieb von Ohm & Co., Horizontalstoß-

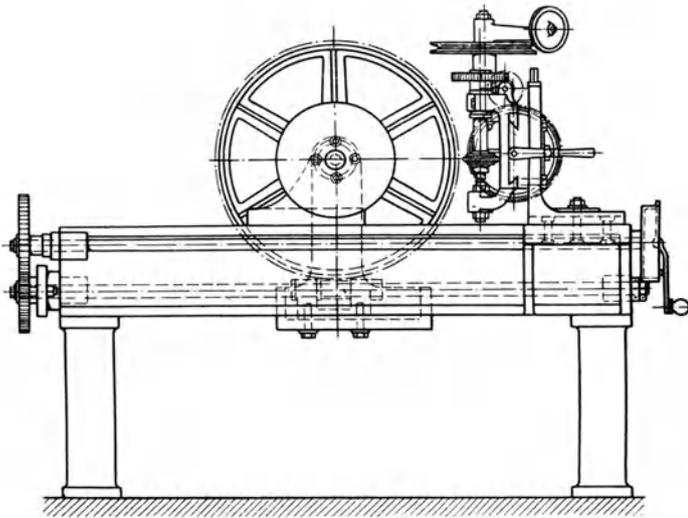


Abb. 11. Räderfräsmaschine nach Whitworths System.

Selbsttätige Vorschubbewegung des Fräterschlittens. Rückwärtsbewegung von Hand. Schaltung durch Wechslräder, Schneckentrieb und Handkurbel mit ganzen oder halben Umdrehungen. Fräserantrieb durch Schnurscheibe. Durchmesser des Fräasers: 100 mm. Höhe des Fräasers über dem Bett: 175 mm.

Aus: J. Hart, Die Werkzeugmaschinen. Heidelberg 1867.

maschinen und Sellersche Bolzenschneidmaschinen von W. Wedding, Bohrmaschinen von Borsig, Spezialfräsmaschinen von J. Lehmann usw. erwähnt.

Das Jahrzehnt 1860 bis 1870 leitete den nach der Reichsgründung einsetzenden gewaltigen Aufstieg der deutschen Industrie ein: in diesem Jahrzehnt überflügelte die deutsche Stahlindustrie die französische und rückte hinter die englische und amerikanische. Hemmend wirkte, daß der Zollverein im Jahre 1862 vom Schutzzoll zum Freihandel überging.

Einige zur Charakterisierung der deutsch-englischen Periode bestimmte Daten sind an dieser Stelle nachzutragen. Wann die einzelnen englischen Neuerungen in Deutschland bekannt wurden, ist nur zum Teil noch festzustellen. Das Hobeln kann um 1830 noch nicht allgemein üblich gewesen sein; als Beweis dafür dient z. B. die im deutschen Museum in München ausgestellte Plandrehbank dieser Zeit, die anscheinend deutsches Erzeugnis ist und deren Supportquerschlitzen sich statt auf einem Prisma auf einer Rundstange führt. Die Vertikalstoßmaschine wurde im Jahre 1839 bekannt; die Bolzenschneidmaschinen wurden um 1850 allgemein eingeführt. Kleinere Drehbankbetten bestanden Ende der dreißiger Jahre noch meist aus Hartholz; Drehbänke mit selbsttätigem Planzug waren in den fünfziger Jahren noch selten. An Fräsmaschinen wurden in dieser Zeit Mutterfräsmaschinen vielfach benutzt; für allgemeinere Zwecke kam die Fräsmaschine vom Ende der fünfziger Jahre ab in Anwendung. Typisch deutsche Maschinen gibt es wenige. Zu ihnen gehört die Zwillingbohrmaschine, d. h. eine Vereinigung von

zwei mit dem Rücken gegeneinander stehenden Lotrechtbohrmaschinen mit gemeinsamem Ständer. Horizontal- und Vertikalstoßmaschinen sowie Hobelmaschinen mit Antrieb durch elliptische Räder waren in Deutschland anscheinend beliebter als in England, wo die Whitworthkulisse vorherrschte. Auch kleinere Hobelmaschinen mit Antrieb durch Whitworths Schwingkurbeltrieb wurden in Deutschland gern gebaut.

Die Güte der deutschen Werkzeugmaschinen der sechziger Jahre war anerkannt. Reuleaux behauptet im Jahre 1861, daß der deutsche Maschinenbau an Güte den englischen vollständig erreicht habe, wozu besonders die deutsche technische Fachbildung beigetragen habe.

Wie hoch die Genauigkeit der frühen deutschen Werkzeugmaschinen war, ist nicht festzustellen. Erwähnt sei, daß Karmarsch im Jahre 1851 das Schaben nur als ein Arbeitsverfahren bespricht, das dazu diene, weicherem Metall ein blankes Aussehen zu geben; von einer Anwendung auf das Passen wird nichts gesagt. Im Jahre 1866 erwähnt Karmarsch, daß gemeißelte, gefeilte und mit losem Schmirgel und Bleimutter geschliffene Schraubenspindeln noch öfters vorkommen, was dafür spricht, daß noch an manchen Stellen recht primitiv gearbeitet wurde. Jedenfalls bezeichnen Berichte aus der Mitte der sechziger Jahre die Genauigkeit der besten deutschen Werkzeugmaschinen als sehr hoch. Eine englische Zeitschrift (The Practical Mechanic's Journal) bezeichnet die von Deutschland (und anderen Ländern des Kontinents) in Paris 1867 ausgestellten Werkzeugmaschinen in Konstruktion und Ausführung als den englischen, einschließlich der Whitworthschen ebenbürtig. „Engineering“ 1867 charakterisiert gelegentlich der Pariser Weltausstellung den deutschen (und französischen) Werkzeugmaschinenbau so, daß die erstklassigen Firmen sich zwar nicht mit Whitworth, aber mit den mittleren englischen Firmen vergleichen könnten. Dagegen seien die durchschnittlichen Maschinen Deutschlands und Frankreichs schlecht gegossen und schlecht gehobelt (wegen der ungenügenden Starrheit der Hobelmaschinen). Besonders fehle die den Whitworthschen Maschinen eigene Genauigkeit; die Verwendung von Kaliber- und Ringlehren sei auf dem Kontinent überhaupt eine Ausnahme, ein vollständiger Satz von Whitworthlehren in vielen Industriebezirken eine Seltenheit.

Die erwähnten guten Zeugnisse können übrigens nur für die großen deutschen Fabriken, besonders Hartmann und Zimmermann, gegolten haben;

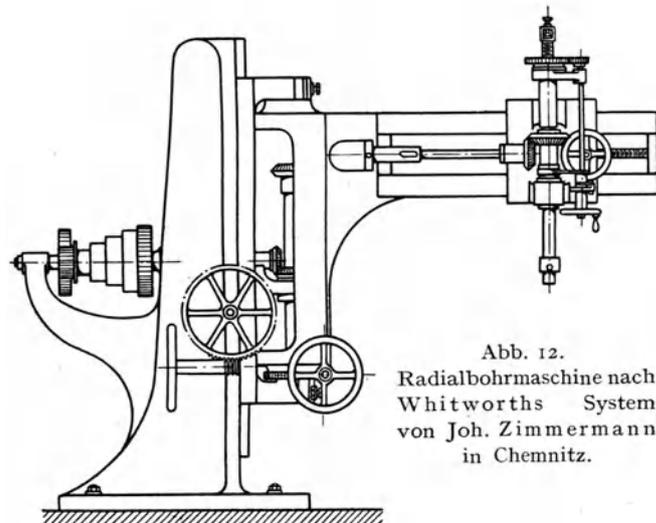


Abb. 12.
Radialbohrmaschine nach
Whitworths System
von Joh. Zimmermann
in Chemnitz.

Größter Bohrdurchmesser 140 mm. Ausladung 710 bis 1840 mm. Drehwinkel des Armes 160°.

Aus: Hartig, Versuche über Leistung und Arbeitsverbrauch der Werkzeugmaschinen. Leipzig 1873.

die kleineren Werke bauten unansehnliche Maschinen mit profilierten und verrippten Körpern.

Über die Ende der fünfziger Jahre im Chemnitzer Maschinenbau übliche Genauigkeit macht Ruppert (Z. d. V. d. I. 1912) Angaben. Feste Zahlenwerte für den Passungsspielraum der Wellen gab es nicht. Um diese Zeit begann unter dem Einfluß der Textilindustrie, die auswechselbare nachgelieferte Teile verlangte, die Einführung von Kaliberdornen und -Ringen, so daß die Reibahle nicht mehr wie bis dahin als Schneid- und Meßwerkzeug, sondern nur als Schneidwerkzeug diente. Vom Textilmaschinenbau aus griff dann diese systematischere und genauere Herstellung auf den allgemeinen Maschinenbau über. Im allgemeinen blieb Deutschland bis zum Anfang der siebziger Jahre aber auf dem vom englischen Maschinenbau übernommenen Standpunkt stehen, daß die Maschinen nur vorarbeiten, während die Fertigarbeit von Hand auszuführen sei. Die bereits aus Zeitschriften und Ausstellungen

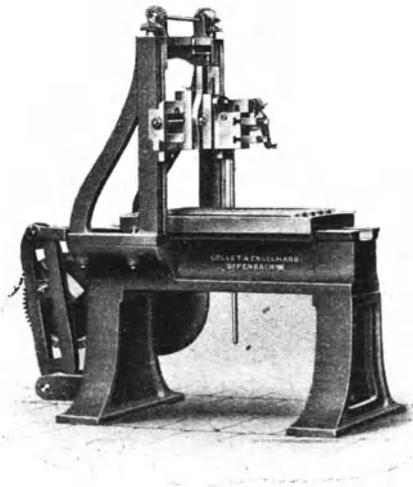


Abb. 13. Hobelmaschine von Collet und Engelhard in Offenbach a. M. 1865.
Antrieb des Tisches durch Schwingkullisse.

bekannt gewordenen amerikanischen Methoden, maschinenfertige Arbeit herzustellen, wurden zwar von den besseren Fabriken einzuführen versucht, im allgemeinen aber fanden sie in Deutschland noch wenig Beifall, zumal auch der englische Lehrmeister sich noch fast durchweg ablehnend verhielt.

Es fehlten eben dem deutschen Werkzeugmaschinenbau die in Amerika vorwärtstreibenden Faktoren; die Löhne waren niedrig (Zimmermann zahlte im Jahre 1863 4 bis 7 Rtlr. wöchentlich) — Deutschland galt seit jeher als das klassische Land der billigen Fabrikation —, Handwerker gab es jetzt reichlich, ein Zwang zur Massenerzeugung lag wegen des kleinen Absatzgebietes und der gering entwickelten Metallindustrie nicht vor. Die

europäischen Konkurrenzindustrien (England, Frankreich, Österreich) übten keinen Druck von außen her aus, und die in Amerika den Bau erstklassiger Maschinen so sehr erleichternden günstigen Faktoren geographischer, politischer, persönlicher, bodennatürlicher und wirtschaftlicher Art lagen in dem politisch in Anspruch genommenen, an Nationalvermögen armen Deutschland nicht vor. Das Material war teuer und schlechter als das amerikanische. Die einzige Industrie, die unter dem Einfluß eines starken Druckes stand, die im Interesse der Allgemeinheit so rasch und gut fabrizieren mußte, wie die Technik dies gestattete, war der Gewehrbau. Hier erfolgte deshalb, ebenso wie in England (Enfield), der erste Einzug amerikanischer Fabrikationsmethoden.

Es kamen noch besondere Hemmungen hinzu, so die Gewerbeordnung vom Jahre 1869, welche die Industrie zuerst sehr behinderte, vor allem aber der immer noch bestehende Mangel eines modernen Patentgesetzes, denn die einzelstaatlichen Erfinderschutzgesetze waren dem englischen und amerikanischen Patentgesetz in keiner Weise gleichwertig. Es lohnte sich deshalb gar nicht, originale Ideen aus-

zuführen. Es ergab sich so der eigentümliche Zustand, daß Deutschland zwar mehr wissenschaftlich geschulte Techniker erzog, als irgendein anderes Land, dabei aber fast alle Neuerungen aus dem Auslande einführen mußte. Die höhere technische Erziehung war eben zu einseitig auf den Staatsdienst zugeschnitten, und die junge deutsche Industrie hatte so viel zu tun, um den Vorsprung anderer Länder einzuholen, daß sie zur Schaffung von Originalhilfsmaschinen keine Zeit hatte, die Vorbilder zu diesen vielmehr dort nehmen mußte, wo sie sich darboten. Das war schon vor 1870 der Fall, insbesondere aber nachher, zur Zeit des Gründungsfiebers. Daß der deutsche Arbeiter an sich dem amerikanischen nicht nachsteht, geht daraus hervor, daß ja die meisten amerikanischen Facharbeiter deutscher Herkunft sind. Aber es fehlten die günstigen Arbeitsbedingungen, vor allem das friedliche Zusammenarbeiten zwischen Arbeitgeber und Arbeitnehmer, wie es sich in dem an allen Hilfsquellen der Natur reichen, aber an Menschen armen Amerika von selbst ergab.

Zweite Periode. (Amerikanischer Einfluß.)

Nach der Gründung des Reiches setzte — zum Teil unter dem Einfluß des industriereichen Elsaß-Lothringen — die trotz der zeitweisen starken Rückschläge und Unterbrechungen stetig aufwärts weisende Entwicklung des deutschen Erwerbslebens ein, die an dieser Stelle nur angedeutet zu werden braucht. Im Jahre 1882 lebten nur noch 42 vH der preußischen Bevölkerung von der Landwirtschaft, 45,5 vH vom Handel und Gewerbe (gegenüber 80 und 10 vH im Jahre 1815). Bis zur Jahrhundertwende stieg die Bevölkerungsziffer auf den dreifachen Betrag, es wurde die drittgrößte Eisen- und Textilindustrie, der zweitgrößte Schiffbau der Welt geschaffen. In den Jahren 1868 bis 1875 vervierfachte sich der deutsche Eisenbahnbau.

Nach Schmoller stieg der Verbrauch an Eisen und Stahl auf den Kopf der Bevölkerung in kg folgendermaßen:

Jahr	Deutschland	England	Amerika
1840—47	12,5	—	—
1861—65	26	134	26
1891—95	—	176	128,8
1896—98	131	—	—

Deutschland wurde das erwerbsfreudigste, „amerikanischste“ Land Europas.

Die Jahre 1870—72 brachten der deutschen Industrie und damit auch dem Werkzeugmaschinenbau reiche Gewinne. Im Jahre 1873 begann die große Gründerkrise, und damit begannen auch für die Werkzeugmaschinenfabriken schwere Zeiten. Große Maschinenfabriken brachen zusammen und verkauften ihre Maschinenbestände sehr billig; neuer Bedarf trat nicht ein. Das Chemnitzer Werkzeugmaschinenzentrum verlor den Mut, viele Fabriken wandten sich anderen Zweigen zu.

Da begann man denn unter dem mächtigen wirtschaftlichen Druck sich auf Sonderfabrikationen einzustellen. Der Waffenbau war aus politischen Gründen vorangegangen, der Nähmaschinenbau, den der um 1870 erwachte deutsche Unternehmensegeist nach Deutschland verpflanzen wollte, folgte. (Die erste amerikanische Nähmaschine war im Jahre 1853 nach Deutschland gekommen; die deutsche Fabrikation wurde in den sechziger Jahren — besonders in Berlin — aufgenommen,

blieb aber bis zum Jahre 1870 unbedeutend.) Eine erfolgreiche Konkurrenzfabrikation von Nähmaschinen war aber mit Chemnitzer Werkzeugmaschinen nicht möglich; hierzu mußte man amerikanische Maschinen und amerikanische Arbeitsmethoden (Arbeitsteilung und Massenfabrikation) einführen und insbesondere dem Fräser das Feld einräumen, das ihm gehörte. Amerikanische Gebrauchsmaschinen, besonders Nähmaschinen, waren längst in Deutschland heimisch; amerikanische Werkzeugmaschinen folgten jetzt nach, und gleichzeitig mit ihrer Einfuhr begann man sie nachzubauen.

Zur selben Zeit setzte die Reform der Gewehrfabrikation ein. Von den veralteten Methoden der deutschen Gewehrfabriken entwarf Petzold in der Z. d. V. d. I. 1868

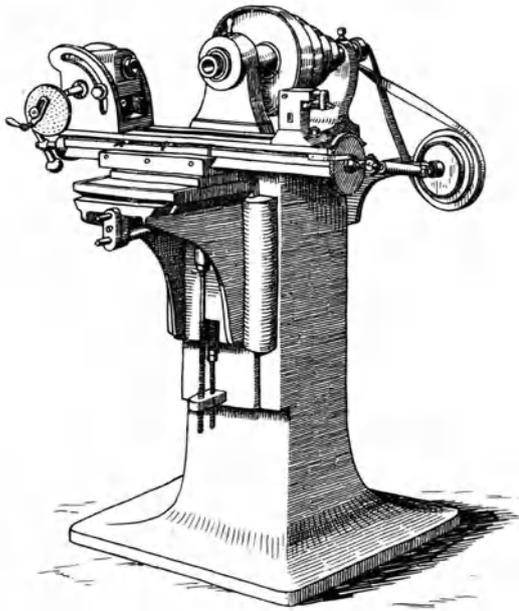


Abb. 14. Universalfräsmaschine der Brown & Sharpe Mfg. Co. Providence. Gebaut 1861, von 1865 an auch in Europa verkauft. Die Maschine besaß alle wichtigen Kennzeichen der heutigen Universalfräsmaschine, aber keinen Gegenhalter und kein Rädervorgelege. Tischantrieb durch Kreuzgelenkwelle. Aus: Scientific American 1862.

S. 93 ein trübes Bild. Dem Staat kosteten die Gewehre mehr als das Doppelte dessen, wofür sie sich nachweislich mit zeitgemäßer Einrichtung herstellen ließen. Außerdem besaßen die Gewehre infolge der ungenauen Herstellung eine sehr verschiedene Trefffähigkeit. Die meiste Arbeit erfolgte von Hand. Als nun im Jahre 1872 das Zündnadelgewehr durch das Modell 71 ersetzt werden sollte, wurde eine Kommission nach Amerika gesandt, amerikanische Fachleute begutachteten die deutsche Gewehrfabrikation, und es wurde ein Vertrag mit der Firma Pratt & Whitney geschlossen, nach dem diese die Gewehrfabriken Spandau, Erfurt und Danzig mit einer vollkommenen Einrichtung versehen sollten, die jedes Zusammenpassen mit der Feile auslösse. Die Kaufwertsumme betrug 350 000 ₰ , sie umfaßte Maschinen, Werkzeuge, Lehren und eine Einrichtung zum Gesenkschmieden, das bis dahin in Deutschland noch so gut wie unbekannt war. Was in einer Privatfabrik nur unter großen Schwierigkeiten möglich gewesen wäre, die Umwandlung

der Handarbeiter in Maschinenarbeiter, vollzog sich in den staatlichen Werkstätten verhältnismäßig rasch, zumal die Arbeiter sich bei Stücklohn an der Maschine besser standen, denn die Ausbringung hatte sich gegen früher verdoppelt. Die private Industrie hatte sich mittlerweile, veranlaßt durch die im folgenden noch darzustellende Sonderfabrikation von Nähmaschinen, gleichfalls mit amerikanischen Maschinen und Werkzeugen ausgerüstet und war somit in stande, einzelne Gewehrteile herzustellen, die in den Staatsfabriken zusammengesetzt wurden (wie dies vorher nur in beschränktem Maße getan werden konnte). Mitte der siebziger Jahre war die Neubewaffnung vollendet.

Zu den Firmen, welche die amerikanischen Methoden dem allgemeinen Maschinenbau zugänglich gemacht und den deutschen Werkzeugmaschinenbau — zum

Teil sogleich, zum Teil erst später — von seinem erstarrten englischen Lehrmeister losgerissen haben, gehört besonders die von Ludwig Loewe begründete Kommanditgesellschaft auf Aktien. Ludwig Loewe war im Anfang des Jahres 1870 zum erstenmal in Amerika, um die dortigen Erfahrungen im Bau von Nähmaschinen auf seine in Deutschland Ende 1869 gegründete Nähmaschinenfabrik zu übertragen, und sah dort Fabrikationsmethoden, die in Deutschland völlig unbekannt waren. Die Bereitwilligkeit, mit der die Amerikaner, z. B. Colt, ihm ihre Einrichtungen zeigten, erleichterten Loewes Bestrebungen, und mit Hilfe von amerikanischen Maschinen und Hilfskräften konnte an die Einrichtung der ersten deutschen Privatfabrik nach amerikanischem Muster geschritten werden. Da gerade über diese Firma ausführlichere Daten vorliegen, so soll auf ihre Entwicklung näher eingegangen werden. Außer den amerikanischen Maschinen fehlte alles zu einer Massenfabrikation Erforderliche; kein Hilfswerkzeug war fertig im Handel zu erhalten, alles mußte selbst hergestellt werden. Zur Bedienung der Maschinen waren Leute anzulernen. Im Jahre 1871 waren 10 000 Nähmaschinen in Arbeit, eine Jahreserzeugung von 20 000 Stück wurde erreicht; 1873 stand dieser Zweig auf dem Höhepunkt. Gleichzeitig wurde die Herstellung von Werkzeugmaschinen nach amerikanischem Muster, vor allem nach den Pratt & Whitneyschen Modellen aufgenommen, zunächst für eigenen Bedarf, da die amerikanischen Werke nicht rasch genug liefern konnten. Schon im Jahre 1873 konnten in Wien die ersten deutsch-amerikanischen Maschinen ausgestellt werden, die sich neben den dort gezeigten Originalmaschinen sehen lassen konnten. In konstruktiver Beziehung war kaum ein Unterschied vorhanden; den deutschen Verhältnissen (schwer bearbeitbares Eisen, ungeübtere Arbeiter) entsprechend, waren die Maschinen aber etwas schwerer gebaut. Übrigens bestanden die Ständer der Maschinen nicht durchweg aus Hohlguß; zum Teil waren sie profiliert. Über die Genauigkeit der deutschen Maschinen im Verhältnis zu den amerikanischen fehlen zuverlässige Angaben, eine Behauptung von Hiram Maxim im American Machinist 1895, daß die in Deutschland nachgebauten Maschinen drei- bis viermal so große Ungenauigkeiten zeigten als die amerikanischen Originale, erscheint mindestens stark übertrieben. Zeugnisse von Staatsfabriken aus den Jahren 1873 und 74 betonen die Ebenbürtigkeit mit amerikanischen Maschinen. Die Preise waren billiger als die der letzteren. Daß es an scharfen Kritiken englischer Zeitschriften nicht fehlte, ist begreiflich; eine mit niedrigen Löhnen arbeitende deutsche Erzeugerin der neuartigen amerikanischen Maschinen konnte eine gefährlichere Konkurrenz auf dem Kontinent werden als die Amerikaner selbst.



Ludwig Loewe
geb. 1837. gest. 1886.

Die Nähmaschinenfabrikation rückte an zweite Stelle, als Loewe Staatsaufträge

auf Gewehrteile für das neu einzuführende Infanteriegewehr Modell 71 erhielt. Im Jahre 1873 wurden beschäftigt:

für Werkzeugmaschinen:	92	Maschinen	mit	172	Arbeitern,
„ Nähmaschinen:	129	„	„	131	„
„ Gewehrteile:	282	„	„	606	„

Der Wert der im Jahre 1875 erzeugten Maschinen und Werkzeuge betrug 634 000 Mark (dagegen wurden an Waffen und Munitionsteilen für über 3 $\frac{1}{4}$ Millionen Mark hergestellt). Vom Jahre 1875 ab erschienen ausführliche Kataloge, die einen den heutigen fast erreichenden (in Nebenartikeln überschreitenden) Typenumfang aufweisen. Im Jahre 1879 wurde die Nähmaschinenfabrikation aufgegeben, nachdem sie einen in der Hauptsache erzieherischen Einfluß auf den Betrieb aus-

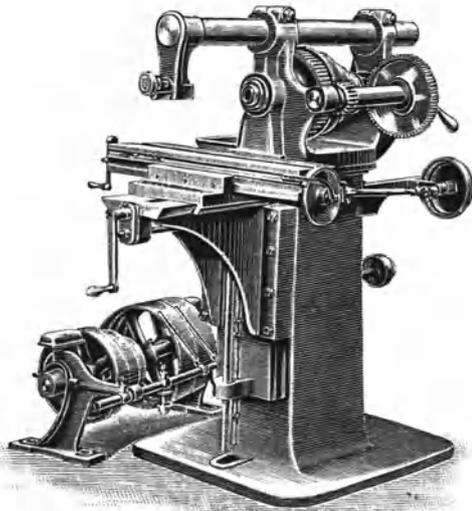


Abb. 15. Selbsttätige Fräsmaschine mit fester Arbeitsspindel von Ludwig Loewe & Co., Berlin 1887.

Tischbewegung in Richtung der Spindelachse (von Hand) 6 $\frac{1}{2}$ '' = 165 mm. Tischbewegung quer zur Spindelachse 11 $\frac{3}{4}$ '' = 298 mm.

geübt hatte; sie konnten sich den amerikanischen Firmen gegenüber doch nicht halten. Die Herstellung von Werkzeugmaschinen und Werkzeugen nach amerikanischem System wurde neben dem Waffenbau zur Hauptsache. Nur sehr langsam gewöhnte sich die deutsche Industrie an die neuen, etwas teureren Maschinenarten. Im Jahre 1876 wird darüber geklagt, daß die in Deutschland allgemein gebauten Maschinen infolge scharfer Konkurrenz so billig seien, daß eine gute Qualität nicht möglich war. Loewe, als eine der wenigen Firmen, deren Erzeugnisse sich einigermaßen mit den amerikanischen messen konnten, fand nur ungenügenden Absatz im Inlande, selbst die meisten Staatsfabriken kauften lieber die schlechten billigen altmodischen Modelle (im Gegensatz zu den dem Kriegsministerium unterstellten Fabriken, die die beste Inlandskundschaft bildeten). Es traf sich auch schlecht, daß die junge

Firma gerade in der Zeit der großen Krise mit ihren neuartigen Maschinen hervortrat, also zu einer Zeit, als das Kapital sehr knapp und der Sinn für Qualitätsware sehr gering war. Die Fabrik war deshalb zum guten Teil auf den Absatz im Auslande angewiesen, ließ aber nicht nach, in ihren Druckschriften immer wieder den Wert hoher Arbeitsgenauigkeit und maschinenfertiger Arbeit zu betonen. In der ersten Hälfte der achtziger Jahre stieg der Wert der erzeugten Maschinen und Werkzeuge im Verhältniss zu dem der Waffen ständig an und überstieg im Jahre 1885 den Betrag von 2 Millionen Mark, um dann allerdings wieder infolge der Neubewaffnung der deutschen Armee gegen den Gewehrbau stark zurückzutreten. Im Jahre 1888 wurde die Fabrik in drei getrennte Werke unterteilt: Massenfabrikation (besonders Gewehre), Werkzeugmaschinen, Werkzeuge.

In den siebziger und achtziger Jahren hatten die Loeweschen Fabrikate in Deutschland noch wenig Konkurrenz und waren deshalb hoch bezahlt. In den neunziger Jahren wurde die amerikanische Einfuhr fühlbarer, und sie zwang dazu, die in Moabit gebaute

neue Fabrik unter Benutzung aller zur Verfügung stehenden amerikanischen Arbeitsverfahren einzurichten. An Neukonstruktionen hat die Firma Loewe bis zur Jahrhundertwende wenig hervorgebracht. Ihre Bedeutung lag eben in der Erziehung des stagnierenden deutsch-englischen Werkzeugmaschinenbaues zum zukunftsvollen deutsch-amerikanischen, nicht in der Schöpfung neuer Methoden oder Maschinen, wie dies die großen Engländer, Amerikaner und Reinecker taten.

In kleinerem Maßstabe wirkte die Berliner Firma Frister & Roßmann für die Nutzbarmachung amerikanischer Vorbilder. Die im Jahre 1864 für die Herstellung von Nähmaschinen gegründete Firma nahm um 1876 die Erzeugung von Werkzeugmaschinen für eigenen Bedarf auf, die sie um 1886 auch zu verkaufen begann. Auch ihre Modelle lehnen sich fast durchweg an die Pratt & Whitneyschen Vorbilder an. Der Werkzeugmaschinenbau hielt sich übrigens in mäßigen Grenzen; außer ihm wurde eine bedeutende Waffenfabrikation betrieben.

Ebenfalls amerikanisch beeinflusst waren die Maschinen von Max Hasse & Co. Die Fabrik wurde im Jahre 1871 als kleine Werkstatt gegründet und beschäftigte gegen Ende des Jahrhunderts 200 bis 300 Arbeiter. Ihr Fabrikationsprogramm umfaßte Ende der siebziger Jahre normale kleinere und mittlere Werkzeugmaschinen verschiedener Art (darunter ihre patentierte Revolverdrehbank mit horizontal gelagertem quer verschiebbarem Revolverkopf, Abb. 20 und 21), sämtliche Maschinen zur Patronen-, Zünder- und Gewehrfabrikation sowie Sondermaschinen für die Nähmaschinen und Armaturenbearbeitung.

Die im Jahre 1850 gegründete Fabrik von L. Sentker baute normale Maschinen aller Art und lehnte sich in den siebziger Jahren mit ihren Revolverbänken, Fräsmaschinen und Schraubenmaschinen an amerikanische Vorbilder an, während die übrigen Maschinen noch in den achtziger Jahren das englische Vorbild verrieten. Zu erwähnen ist noch die im Jahre 1869 gegründete Fabrik von G. Kärger, die sich mit dem Bau von normalen Maschinen verschiedener Art (auch Revolverbänken mit horizontaler Kopflagerung) und Sondermaschinen für die Munitionsherstellung befaßte.

Nach amerikanischen Vorbildern (besonders Pratt & Whitney) baute auch die Firma Schilling & Krämer in Suhl (gegründet 1863) kleinere und mittlere Werkzeugmaschinen aller Art und Sondermaschinen für die Herstellung von Militärgehwehren und Luxuswaffen, wie sie die dortige Waffenindustrie gebrauchte. Die

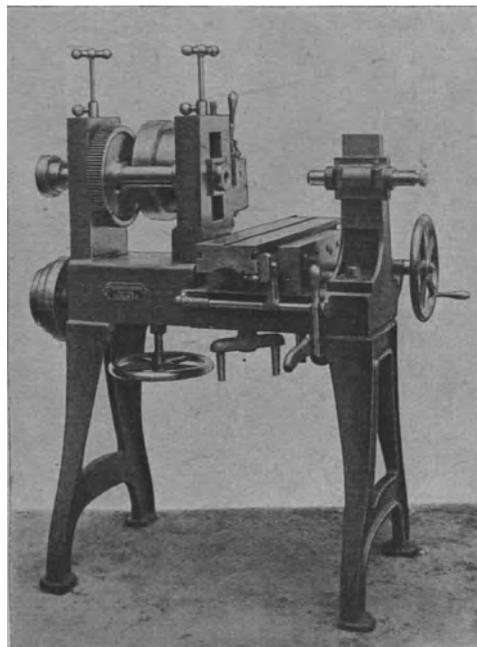


Abb. 16. Lincoln-Fräsmaschine von Frister & Roßmann A.-G., Berlin.

Höhenverstellung der Arbeitsspindel durch Handrad und verdecktes Stirnradgetriebe. Ausrückung der Arbeitsspindel durch Klauenkupplung und Hebel. Tischbewegung quer zur Achse der Arbeitsspindel: 380 mm. Selbstgang durch Schraubenspindel. Einstellbare Selbstauslösung.

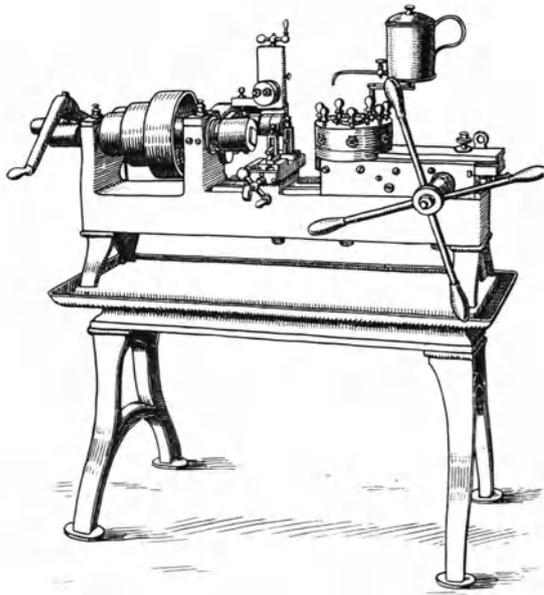


Abb. 17. Revolverdrehbank der
Brown & Sharpe Mfg. Co. Providence. 1865.

Ausstattungen: Leitapparat zum Gewindegewinde schneiden, Gewichtsvorschub, Deckenvorgelege mit Rechts- und Linksscheibe, Reibungskegeln und Muffenspannung. Gebaut in 3 Größen.
Aus: Scientific American 1867.

Fabrik beschäftigte nur eine kleine Anzahl von Arbeitern (zur Zeit etwa 150 Mann). Auch J. G. Weißer Söhne in St. Georgen bauten in den siebziger Jahren Drehbänke, Mehrspindelbohrmaschinen, Universal- und Kopierfräsmaschinen, Revolverdrehbänke, Hobelmaschinen und Spannfutter nach amerikanischen Modellen (Pratt & Whitney).

Im allgemeinen wurden bis in die neunziger Jahre besonders Maschinen von Pratt & Whitney und Brown & Sharpe kopiert; vor allem kleinere und mittelgroße Drehbänke; dazu kamen die Sellersschen Hobelmaschinen und Bolzenschneidmaschinen. Verhältnismäßig spät ging man an einen Umbau der Bohrmaschinen nach amerikanischem Muster. Auf der Weltausstellung in Philadelphia im Jahre 1876 zeigte Amerika keine einzige Bohrmaschine mit Vorschub durch Exzenter und Sperrad, während diese Bauart in Deutschland noch gebräuchlich war.

Den alten Chemnitzer Fabriken fiel es natürlich sehr schwer, sich an die berlinisch-amerikanischen Neuerungen zu gewöhnen; trotz aller Anstrengungen und

ihrer guten Leistungen im Sondermaschinenbau gelang es ihnen nicht, die frühere führende Stellung wieder zu erlangen. (Das gilt natürlich nicht für Reinecker.)

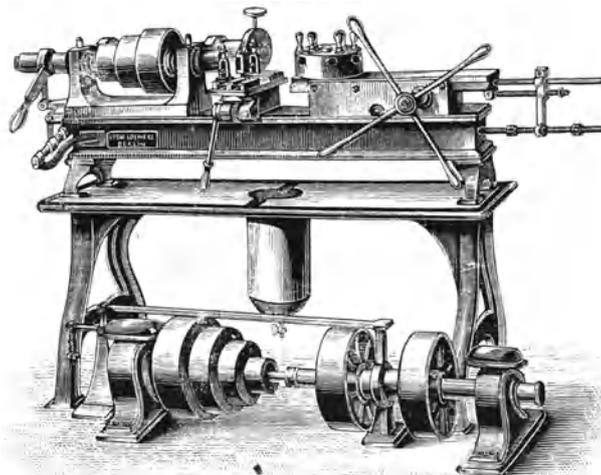


Abb. 18. Revolverdrehbank
von Ludwig Loewe & Co. in Berlin.

3 Modelle von $\frac{3}{4}$ " = 19 mm bis $1\frac{1}{4}$ " = 31 mm Spindelbohrung gebaut.
Ohne selbsttätigen Supportlängszug. Um 1881.

Eine schwere Schädigung erfuhr die deutsche Industrie durch ihren Mißerfolg in Philadelphia im Jahre 1876 und das ihr von Reuleaux ausgestellte Zeugnis, daß sie „billig und schlecht“ arbeite. Das galt mit wenigen Ausnahmen (z. B. die Zimmermannschen und Leupoltischen Kegelräderhobelmaschinen, die nach Wencelides

besser waren als die ausgestellten amerikanischen) auch für die deutsche Werkzeugmaschine. Immerhin bildete dieses Mißtrauensvotum einen Ansporn zu erhöhter Leistung; auch da-

durch wirkte die Ausstellung Philadelphia anregend, daß viele deutsche Techniker durch das auf ihr Gezeigte veranlaßt wurden, die amerikanischen Werkstätten persönlich zu besuchen.

Ein stark fördernder Anstoß war der endlich erfolgende Erlaß des deutschen Patentgesetzes vom Jahre 1877, das sowohl die Erfinder stark anregte, als auch die Kapitalisten der Industrie ein erhöhtes Interesse zuwenden ließ.

Im Jahre 1876 waren erteilt worden:

in Preußen	463 Patente	in Bayern	217 Patente
„ Sachsen	457 „	„ Baden	187 „
„ Württemberg	263 „		

Bereits im ersten Halbjahre des Bestehens des neuen Gesetzes war die Anzahl der in Deutschland nachgesuchten Patente (566, darunter 11 in der Metallbearbeitung) höher als in England und Frankreich; nur Amerika wies eine noch höhere Zahl auf. Sehr wertvoll für die Industrie war die sorgfältige Vorprüfung auf Neuheit (die in England fehlte) und die Herausgabe klarer Patentschriften, wie sie in England und Amerika seit altersher üblich war. Nachteilig gegenüber den Patentgesetzen der konkurrierenden Länder war die Höhe der Patentgebühren und die Bestimmung, daß nur eine erfinderische Idee, nicht eine ganze Maschine, wie in Amerika, durch ein Patent geschützt werden konnte. Das war gerade für Werkzeugmaschinen ein Nachteil gegenüber Amerika, wo man sich eine ganze Maschine auf 20 Jahre zu einem Bruchteil der in Deutschland vorgesehenen Gebühren schützen lassen konnte; die Fortschritte auf dem Gebiete der Werkzeugmaschinen aber setzen sich meist aus kleinen konstruktiven Maßnahmen zusammen, die nur selten patentwürdig sind. Wenn aber häufig angenommen wird, daß die Metallbearbeitungstechnik ihre Entwicklung lediglich konstruktiven und betriebstechnischen Werten verdanke, und der Patentschutz für sie eine untergeordnete Rolle spiele, so steht dem entgegen, daß die Klasse 49 (Metallbearbeitung)¹⁾ vom Jahre 1877 an bis zum Ausgang des Jahrhunderts, soweit die Anzahl der erteilten Patente in Frage kommt, unter den 89 Patentklassen meist an 1., 2. und 3. Stelle steht oder kurz danach folgt. Die Gesamtzahl der in den Jahren 1877 bis 1900 angemeldeten Patente der Klasse 49 steht an 7., die der erteilten Patente an 3. Stelle. Die Wichtigkeit der Patente drückt sich in ihrer Dauer aus; auch in dieser Beziehung schneidet die Klasse 49 sehr gut ab. Bis Ende 1900 ist im ganzen für 996 Patente die 15. Jahresgebühr gezahlt worden; hierbei steht Klasse 49 mit 65 Patenten an 2. Stelle (nur von Klasse 22, „Farben usw.“

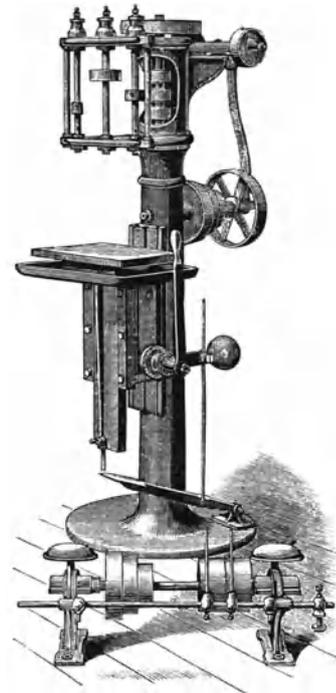


Abb. 19. Gefühlsbohrmaschine der Pratt & Whitney Co. Hartford. 1876. Schnelllaufende, 3- und 4-spindlige Bohrmaschine mit Handvorhub durch Anheben des ausgewichteten Tisches mit Hand- oder Fußhebel. Größter Bohrdurchmesser des kleineren Modells 2 1/16". des größeren 1 1/2".

¹⁾ Einschließlich Blech-, Röhren- und Drahtherstellung und -bearbeitung sowie Walzwerke, elektrisches Löten und Brandmalerei; diese Gruppen wurden im Jahre 1900 in andere Klassen verteilt.

mit 72 Patenten übertroffen). Etwas weniger günstig steht Klasse 49, wenn man die Patentzahlen zusammenstellt, die von je 100 erteilten Patenten das 15. Schutzjahr erreichten. Diese Ziffern belaufen sich:

insgesamt	auf 2,6 vH	für Klasse 62 (Salinenwesen) . .	auf 5,7 vH
für Klasse 22 (Farben)	15,9 vH	„ „ 49 (Metallbearbeitung) „	5,3 vH
„ „ 58 (Pressen)	7,5 vH	dagegen	
„ „ 12 (Chemie)	7,3 vH	für Klasse 87 (Werkzeuge) nur . .	1,4 vH
„ „ 54 (Papier)	6,1 vH		

Die Anzahl der eingetragenen Gebrauchsmuster ist sowohl für Klasse 49 als für Klasse 87 verhältnismäßig gering.

Dritte Periode. (Selbständige Weiterentwicklung.)

Im Jahre 1879 begann wieder eine allmähliche Aufwärtsbewegung der deutschen Maschinenindustrie. Das deutsche Reich ging im Jahre 1876 auf Veranlassung der unter der englischen Konkurrenz schwer leidenden Eisenindustrie vom Freihandel zum Schutzzoll über, und die Eisenindustrie konnte erstarken. Die Erfindung des Thomasverfahrens setzte die deutsche Eisenverhüttung in den Stand, die Konkurrenz mit England aufzunehmen, dessen Erzeugung sie um die Jahrhundertwende erreichte. Die Berliner Gewerbeausstellung vom Jahre 1879 zeigte recht befriedigende Leistungen der deutschen Industrie. 1884 hatte der Werkzeugmaschinenbau die Nachwirkungen der Krise überwunden, und er begann (mit Unterbrechungen wie in den Jahren 1886 und 1893) wieder zu rentieren; gleichzeitig wurde die Qualität von Konstruktion und Ausführung ständig gesteigert. Man begann von der Gewohnheit, die Maschinen nur nach Gewicht zu kaufen, wieder etwas abzurücken. Allerdings hatte der deutsche schaffende Ingenieur die Freude an der Werkzeugmaschine stark verloren, er betrieb mit Vorliebe den Kraftmaschinenbau. Die fortschreitende Gesundung konnte also noch nicht von innen heraus erfolgen. Auf das amerikanische Vorbild konnte auch jetzt nicht verzichtet werden, es hatte aber nicht mehr ganz die gleiche Bedeutung wie in den siebziger Jahren. Reinecker und Hommel taten vor allem viel für die Entwicklung der Arbeitsgenauigkeit durch Herstellung sehr guter Lehren, Endmaße und Meßmaschinen.

Es wurde nunmehr auch im Werkzeugmaschinenbau in steigendem Maße Sonderfabrikation getrieben. 1871 wurde die Firma Naxos-Union in Frankfurt a. M. für Schmirgelscheiben gegründet, die Ende der siebziger Jahre auch den Bau von Schleifmaschinen aufnahm. Zunächst wurden einfache Schleifstöcke, dann Werkzeugschleifmaschinen, später Präzisionsschleifmaschinen aller Art gebaut. (Ausbringung 1880 etwa 250, 1890: 160, 1900: 425 Maschinen.) Im Jahre 1871 wurde die Firma Mayer & Schmidt in Offenbach a. M., 1879 Fontaine & Co. in Bockenheim - Frankfurt a. M. mit ähnlichen Fabrikationsgebieten wie die vorige gegründet. Im Jahre 1884 gründete F. Schmaltz in Offenbach a. M. ein Handelsgeschäft für Holzbearbeitungswerkzeuge und Schleifscheiben, das im Jahre 1888 drei Arbeiter beschäftigte, und aus dem sich im Jahre 1896 eine Fabrik für selbsttätige Sägeschärf- und andere Schleifmaschinen entwickelte. 1879 erfolgte die Gründung der Firma Fischer & Winsch in Dresden für leichte und mittlere Werkzeugmaschinen verschiedener Art, besonders Bohrmaschinen. Anfangs der neunziger Jahre spezialisierte sich die im Jahre 1872 gegründete Fabrik von H. Wohlenberg in Hannover, die bis

dahin leichte und mittlere Werkzeugmaschinen gebaut hatte, auf Drehbänke. Im Jahre 1893 wurden die Hommelwerke in Mainz für die Herstellung von Feinmeßwerkzeugen mit 40 Arbeitern und Angestellten gegründet. 1888 wurde die Fräsmaschinenfabrik von Moßdorf & Mehnert in Chemnitz (mit 30 Arbeitern und einer jährlichen Ausbringung von ca. 70 000 Mark in den ersten Jahren), 1889 die Firma Pittler in Leipzig gegründet; diese baute ihre bekannten Universaldrehbänke und Revolverdrehbänke. Ende der neunziger Jahre spezialisierte sich die im Jahre 1859 für Gerberei-, Näh- und Werkzeugmaschinen aller Art gegründete Fabrik von Carl Schoening in Berlin auf Horizontalstoßmaschinen.

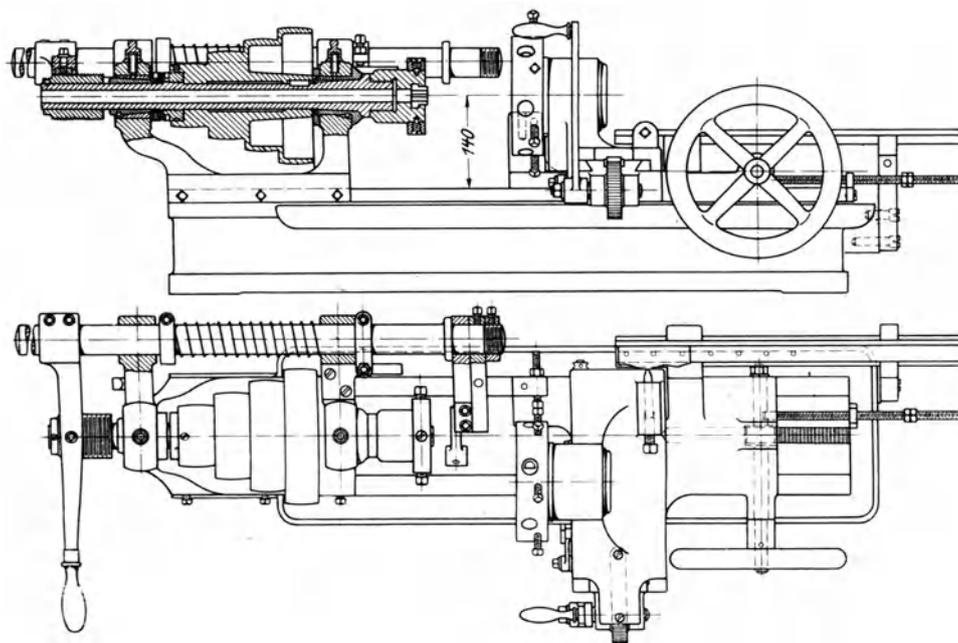


Abb. 20 und 21. Revolverdrehbank mit Sternrevolverkopf von Max Hasse & Co., Berlin.
 1878 patentiert Spitzenhöhe 140 mm. Mit Leitapparat zum Gewindeschneiden. Ohne Selbstgang des Support-
 Ohne gleichwertiges amerikanisches Vorbild entwickelt.
 Aus: Sammlung von Zeichnungen für die Hütte. Berlin 1888.

In den achtziger Jahren wirkte die emporblühende deutsche Maschinenindustrie stark auf den Werkzeugmaschinenbau ein. In der Elektrotechnik war Deutschland (und auch England und Frankreich) der amerikanischen Industrie gegenüber weit voran. 1867 hatte Siemens die erste Dynamomaschine, 1869 Gramme das erste industriell verwertbare Dynamo gebaut. 1879 lief die erste elektrische Bahn auf der Berliner Gewerbeausstellung, 1881 die erste öffentliche elektrische Bahn. 1883 wurde die deutsche Edison-Gesellschaft gegründet, die im Jahre 1887 in die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft umgewandelt wurde. Im Jahre 1876 erfand Otto seinen Viertaktmotor. Der Dampfmaschinenbau wurde durch den Dynamobau zu größerer Genauigkeit gezwungen und wirkte dadurch seinerseits wieder auf die Werkzeugmaschinen ein. Nach Kammerer wurde im Jahre 1883 die erste Hebemaschine mit elektrischem Betrieb, 1887 der erste elektrische Laufkran gebaut, und im letzten Jahrzehnt des Jahrhunderts

entwickelte sich der Hebezeugbau mit seiner starken Beeinflussung der Fahrradfabrikation.

Von großer Bedeutung wurden die Fahrradfabriken. Im Jahre 1885 brachte eine englische Firma das Niederrad auf den Markt, 1889 erfand Dunlop seinen Pneumatikreifen. Nach 1890 begann die Massenfabrikation des Fahrrades, die eine große Reihe von Sondermaschinen für die etwa 150 einzelnen Teile entstehen ließ (zum Teil nach amerikanischen Vorbildern) und der Entwicklung der Revolverdrehbänke, Automaten, Tieflochbohrmaschinen usw. einen starken Anstoß gab. Die Jahreserzeugung um die Mitte der neunziger Jahre betrug über $\frac{1}{4}$ Million Stück. Der Automobilbau begann mit dem Jahre 1883, dem Anmeldejahr des Daimlerschen Motorpatentes; wenige Jahre darauf liefen die ersten Daimler- und Benzwagen. Das letzte Jahrzehnt brachte den Ersatz des Hobelns durch das Fräsen in allen Fällen, wo dies empfehlenswert war, besonders durch die Bemühungen der Firma Reinecker.

Es entwickelten sich an originellen deutschen Maschinen die Reineckersche Hinterdrehbank, Universalwerkzeugschleifmaschine und Schneckenradfräsmaschine sowie die Pfautersche Abwälräderfräsmaschine.

Auf der Pariser Weltausstellung vom Jahre 1889 fehlte Deutschland gänzlich (ebenso wie auf der vom Jahre 1878). Dagegen zeigte die deutsche Industrie 1893 in Chicago, daß sie sich sehen lassen konnte. 80 vH aller ausgestellten Maschinen wurden prämiert; Deutschland erhielt von allen Staaten, Amerika eingeschlossen, die meisten Preise. Der deutsche Werkzeugmaschinenbau war nicht lückenlos, aber seit Wien (1873) zum erstenmal wieder sehr gut vertreten und trat in offene Konkurrenz mit dem amerikanischen. Es wurden nur Originalmaschinen, keine kopierten Modelle ausgestellt; vor allem wurde Reinecker sehr gelobt, auch von Amerikanern, die ihre dem deutschen Werkzeugmaschinenbau wenig günstige Meinung gerade im Hinblick auf diese Firma änderten. Die deutschen Drehbänke konnten mit den amerikanischen konkurrieren, die Bohrmaschinen besaßen aber noch nicht durchweg den praktischen amerikanischen raschen Rückzug. Im ganzen waren die ausgestellten deutschen Werkzeugmaschinen schwerer als früher.

Groß angelegt und gut beschickt war die Berliner Gewerbeausstellung vom Jahre 1896.

Ziemlich vollwertig traten dann die deutschen Werkzeugmaschinen auf der Pariser Weltausstellung im Jahre 1900 neben die amerikanischen. Die in den neunziger Jahren sich stark entwickelnde Eisenindustrie stellte so starke Anforderungen an den Werkzeugmaschinenbau, daß das Inland sie nicht befriedigen konnte. In dieser Zeit setzte deshalb, begünstigt durch die große amerikanische Krise vom Jahre 1893 und das Unvermögen des deutschen Werkzeugmaschinenbaues, den großen Bedarf zu decken, eine starke Einfuhr amerikanischer Maschinen ein, die zum Teil billiger waren, als die in Deutschland gebauten. Diese Einfuhr wurde durch eine Reihe rühriger deutscher Händlerfirmen mit großen Lagern und vor allem durch den niedrigen deutschen Einfuhrzoll erleichtert. Der Umfang der Einfuhr amerikanischer Maschinen vor dem Jahre 1900 läßt sich statistisch nicht genau feststellen; jedenfalls war Deutschland frühzeitig das Hauptabsatzgebiet dafür; nach American Machinist (1900) nahm Deutschland im Jahre 1899 mehr als 40 vH der ganzen amerikanischen Ausfuhr auf. Die Befreiung von der amerikanischen Einfuhr erfolgte zuerst auf dem Gebiete der schweren Maschinen und der Blechbearbeitungsmaschinen; leichte und mittlere Präzisionsmaschinen, besonders Revolverdrehbänke

und Automaten, blieben nach wie vor ein begehrter Einfuhrartikel. Deutsche billige Bohrmaschinen dagegen schlossen von vornherein die amerikanische Konkurrenz aus. Für die Ausfuhr nach Amerika kamen besonders Reinecker, auch Wanderer in Frage. Umfangreich konnte diese Ausfuhr wegen des hohen amerikanischen Einfuhrzolles nicht werden. In diesem Jahrzehnt fand die Gründung einer Reihe neuer Werke, fast durchweg Spezialfabriken, statt. Weiter war charakteristisch, daß die Werkzeugfabrikation mehr als bisher Sache von Sonderfabriken wurde, statt daß sich die einzelnen Verbraucher ihre Werkzeuge selber herstellten.

Als nicht zu unterschätzender Faktor wirkten auf den Werkzeugmaschinenbau die deutschen Arbeiterschutzgesetze ein. Im Jahre 1871 war das Haftpflichtgesetz erlassen worden, 1884 folgte das Unfallversicherungsgesetz. Der Einfluß dieser Gesetze und der sich daraus entwickelnden berufsgenossenschaftlichen Betriebsaufsicht auf den Schutz der bewegten Teile, besonders der Zahnräder, ist bekannt; er erstreckt sich nicht nur direkt auf die einheimischen Maschinen, sondern auch indirekt auf die von Amerika eingeführten, die manchen Wünschen der deutschen Kundschaft nach Maßnahmen zur Unfallverhütung Rechnung tragen mußten.

Die Ausfuhr der deutschen Werkzeugmaschinen der achtziger Jahre ließ noch manches zu wünschen übrig; die Formgebung stand nur bei wenigen Firmen auf der Höhe der besten amerikanischen; viele Teile, wie Handkurbeln, Handräder usw. waren ohne Rücksichtnahme auf die Bearbeitungsmöglichkeit geformt. Die Drehbankspindeln der achtziger Jahre waren meist nicht hohl, der Spindelkopf vielfach ohne Zentrierbund, die Achsialdruckaufnahme erfolgte durch Schwanzschraube. Die Genauigkeit der Werkstättenmeßverfahren ließ nach Reuleaux Urteil nach 1890 noch vielfach zu wünschen übrig. Dagegen hatten die deutschen Drehbänke auch manche Vorzüge gegenüber den amerikanischen. Sie besaßen fast durchweg einen Kreuzsupport und damit ein Mittel zur Feineinstellung des Stahls in Längsrichtung, das den amerikanischen Bänken fehlte; außerdem hatte die deutsche Drehbank dadurch eine größere Vielseitigkeit in der Verwendbarkeit. Der deutsche Reitstock war besonders starr. Die schwere Bauart der deutschen Maschinen machte sie für den Gebrauch in Werkstätten mit ungeschickter Arbeiterschaft, besonders in wenig zivilisierten Ländern geeigneter als die amerikanischen. Im ganzen blieben gerade die meisten deutschen Drehbänke immer noch den alten englischen Vorbildern treu. Die übrigen Maschinen lehnten sich an die amerikanischen an, und erst nach der Jahrhundertwende begannen die deutschen Werkzeugmaschinen sich selbständig weiter zu entwickeln, unterstützt durch den Umstand, daß der Schnellstahl schwere Maschinen verlangte, wie sie die englisch-deutsche Richtung seit altersher erzeugt hatte.

Den Stand der deutschen Bearbeitungstechnik gegen Ende des Jahrhunderts veranschaulicht ein Bericht des Amerikaners Miller vom Jahre 1897, der die deutschen Fabriken in 3 Klassen einteilt: 1. Altmodische, in denen ein großer Teil der Arbeit von Hand erfolgte, 30 bis 50 Jahre alte Arbeitsweisen vorherrschten und die Löcher noch mit dem Flachbohrer gebohrt wurden. 2. Alte Werkstätten, in denen alte und neue Maschinen nebeneinander liefen. 3. Moderne Werkstätten, welche amerikanische Arbeitsmethoden übernommen hatten. Der Einführung neuer Maschinenkonstruktionen stand übrigens stets eine gewisse Schwerfälligkeit des deutschen Arbeiters entgegen, der ungern neue Maschinen bediente; so machte es an manchen Stellen Schwierigkeiten, gelernte Dreher dazu zu bewegen, Zugspindelbänke ohne Leitspindel zu bedienen.

Im allgemeinen blieb für den deutschen Werkzeugmaschinenbau maßgebend, daß die geringe Größe des Landes eine weitgehende Spezialisierung nicht so nahe legte, wie dies in Amerika der Fall war; einen Ersatz für das fehlende Inlandsabsatzgebiet konnte nur eine starke Ausfuhr bieten, die aber während des 19. Jahrhunderts noch gering und auf wenige Werke beschränkt blieb. Verstärkt wurde die Schwierigkeit, eine Spezialisierung in dem für eine wirtschaftliche Reihenherstellung gebotenen Ausmaße durchzuführen, durch die mangelnde Erziehung der Verbraucher, die ihre Sonderwünsche durchzusetzen suchten, statt sich die Vorteile der einfacheren Normalmaschine durch entsprechende Selbsterziehung zu sichern. Erst dem neuen Jahrhundert blieb es vorbehalten, hier Wandel zu schaffen. Dabei sprach neben der wirtschaftlichen Erstarkung vor allem der Umstand mit, daß die Führung im Werkzeugmaschinenbau zum Teil aus den Händen reiner Praktiker in die wissenschaftlich geschulter Fachleute überging, wodurch er den ihm gebührenden Platz in der technischen Wissenschaft und der Literatur erhielt und endlich methodisch durchgearbeitet werden konnte, so daß diejenige deutsche Betätigung, denen der deutsche Kraftmaschinenbau, die Elektrotechnik, die Chemie und das Hüttenwesen ihre Entwicklung verdankten, die methodisch wissenschaftliche und kritische Durchbildung und Betriebsforschung, auch in der Werkstatttechnik fruchtbringend wirken konnte. Das zeigte sich beispielsweise darin, daß die Grenzlehren und der elektrische Einzelantrieb der Maschinen in Deutschland rascher und weitgehender durchgeführt wurde als in Amerika (im Jahre 1908 erwähnt *American Machinist*, daß die in Deutschland üblichen Genauigkeitsgrenzen enger seien als die in Amerika und England gebräuchlichen; häufig seien sie übertrieben eng), und daß die systematische Untersuchung der Maschinen, Werkzeuge und Werkstoffe in Deutschland gründlicher entwickelt wurde als anderswo. Die Aufgabe der nächsten Zukunft besteht vor allem in einer Weiterbildung der konstruktiven Vereinfachung, d. h. vor allem der funktionellen Spezialisierung, die an die Stelle der übertriebenen Vielseitigkeit zu treten hat, in einer Verringerung der Typenzahlen und einer Spezialisierung der Fabriken unter Steigerung der Qualität und des wirtschaftlichen Wirkungsgrades.

Die Gesamtzahl der Werkzeugmaschinenfabriken für Holz und Metall in Deutschland betrug nach einer Zählung aus dem Jahre 1897 220, worunter viele kleinere Betriebe waren. In 208 Fabriken hiervon wurden für ca. 70 Millionen Mark Maschinen hergestellt; von diesen blieben etwa 75 vH im Inlande, der Rest wurde ausgeführt. Der Verein deutscher Werkzeugmaschinenfabriken wurde im Jahre 1898 gegründet. Nach Ruppert umfaßte der Chemnitzer Bezirk in diesem Jahre 24 Fabriken mit 5000 Arbeitern und einer jährlichen Erzeugung an Werkzeugmaschinen und Werkzeugen von 15 Millionen Mark. Die Hälfte dieser Fabriken stellte nur Werkzeugmaschinen, die anderen auch sonstige Fabrikate her. Chemnitz war bis zum Jahre 1890 etwa der Hauptsitz des deutschen allgemeinen Maschinenbaues, wurde dann aber von Berlin überflügelt, wo im Jahre 1901 insgesamt 430 Maschinenfabriken mit 60 000 Arbeitern bestanden.

Nach einer Umfrage des Vereins deutscher Werkzeugmaschinenfabriken aus dem Jahre 1912 betrug der Gesamtabsatz der deutschen Werkzeugmaschinenfabriken in diesem Jahre 225 000 t im Werte von 225 Millionen Mark. In ihnen waren 7000 Angestellte und 80 000 Arbeiter beschäftigt.

Quellen:

- Hand- und Fachbücher von den fünfziger Jahren ab.
Ausstellungsberichte: Weltausstellung Wien 1873.
Weltausstellung Philadelphia 1876.
Weltausstellung Paris 1878.
Weltausstellung Chicago 1893.
Zeitschriften: Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbleißes ab 1822.
Dinglers Polytechnisches Journal von 1820 ab
und andere.
Patentschriften.
Sammlung von Zeichnungen für die Hütte. Berlin 1853 f.
Alte Kataloge.
Briefwechsel mit etwa 35 älteren deutschen Firmen.
Geschäftsberichte.
Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie Bd. I—VIII. Berlin 1909—1918.
Für den ersten allgemeinen Teil: auch Matschoß, „Geschichte der Dampfmaschine“
und Beck, „Geschichte des Eisens“.

Vorläufer und Entstehen der Kammerschleuse, ihre Würdigung und Weiterentwicklung ¹⁾.

Von

Landesbaumeister Dr.-Ing. Richard Wreden, Hannover.

Die Vorläufer der Schifffahrt mit Schleusen.

Das natürliche Mittel, einen Fluß auf eine gewisse (begrenzte) Strecke zu Schifffahrtzwecken anzustauen, ist die Anlage eines den Wasserabfluß sperrenden, den Fluß in seiner ganzen Breite durchquerenden Dammes, wie es bekanntlich seit tausenden von Jahren und später besonders im Mühlenbau weitgehendste Anwendung gefunden hat, wobei vorwiegend örtliche Sonderinteressen zum Bau dieser Staudämme führten.

¹⁾ Die vorliegende Arbeit ist das Ergebnis eines zweijährigen Studiums der Literatur des Schleusen- und Wasserbaues (einschl. Zeitschriften) und einer Studienreise nach Holland, Paris und London. Die vorzüglichsten Dienste leistete die Königliche Bibliothek in Berlin, deren umfangreiches Material an holländischer und italienischer Literatur es dem Verfasser ermöglichte, die historischen Nachforschungen zu einem wissenschaftlichen Ergebnis zu führen.

Nicht unerhebliche Schwierigkeiten beim historisch-technischen Durchforschen des hier vorliegenden Gegenstandes ergaben sich — insbesondere für den Nichthistoriker — aus der Unbeholfenheit des mittelalterlichen Lateins, Holländischen und Italienischen, in der vielseitigen Deutung, deren das Wort „Schleuse“ im Altholländischen fähig ist, wobei Druckfehler im Text und in den Stichen die Unklarheiten erhöhen, sowie in dem Umstand, daß die älteren Wasserbauwerke verlorengegangen oder durch neue ersetzt worden sind.

Wenige Grundgedanken beherrschen die Entwicklungsstufen der Kammerschleuse und Technik überhaupt und sind, trotz des laufenden Wechsels ihrer äußeren, dem jeweiligen Stand der Technik angepaßten Formen, immer wieder zu erkennen, wie es die vorliegende Arbeit zeigt.

Der heutige Stand der Technik, d. h. ihre jeweils relative Vollkommenheit, ermöglicht die Umgestaltung einstmaliger Nachteile unvollkommener Technik zu Vorteilen unter technisch und wirtschaftlich gegebener Umwertung. Die Möglichkeit, aus der Kenntnis derartiger Umwertung neue Beziehungen und Wirkungen zu schöpfen und entstehen zu lassen, charakterisiert — allgemein — ihren Wert als einen historisch bedingten gegenwärtigen oder mehr zukünftigen. Seinen jüngsten Ausdruck findet er — beispielsweise — in den beiden, noch nicht in die Praxis umgesetzten Gedanken, daß es — aller Begleiterscheinungen ungeachtet — heute theoretisch möglich ist, Schiffe ohne Wasserverlust (aus der Kammer) oder ohne Zeitverlust (aus dem Schleusenvorgang) zu schleusen.

Aus solch innerem Werte historisch-technischer Zusammenhänge heraus dürfte die Technik, gerade wegen unseres heutigen Rückschlages, noch weite Erkenntnisse schöpfen können.

Das im Gemeinschaftssinn liegende und sich aus ihm zunehmend entwickelnde Bedürfnis gegenseitigen Güteraustausches suchte diese Hindernisse zu umgehen und behalf sich, solange keine bequemeren Einrichtungen bekannt waren, durch eine Teilstreckenschiffahrt

(Abb. 1). Sie gestattete die Benutzung der vorhandenen natürlichen Wasserläufe, die durch die Querdämme in unterschiedlich stehende Kanäle geteilt waren. Diese ursprünglichste Art des Schiffahrtsbetriebes hat sich längere Zeit erhalten, so in Holland z. B. auf dem Vaartschen Rhijn bei Gein bis 1310 und bei Vreeswijk bis 1373 und in Deutschland z. B. auf der Saale. Die Güterbeförderung auf der Saale nahm im 13. und 14. Jahrhundert zu und wurde bis zum Bau der ersten steinernen Kammerschleuse zu Bärenburg im Jahre 1569 zwischen den Mühlendämmen durch 20 Schiffe unterhalten. Diese fuhren von einem Damm zum anderen. Die Güter (vorwiegend Salztonnen) wurden hier ausgeladen, über den Damm gebracht, in ein anderes Schiff geladen und mit diesem bis zum nächsten Damm gefahren, wobei das entladene Schiff zurückblieb. Das Umladen wiederholte sich auf der Saale bis zur Elbe hin viele Male. Ebenso auf der Ruhr, wo zahlreiche natürliche und künstliche Stauwehre (Schlachten) die Schiffahrt erschwerten. Die mit Steinkohlen beladenen Schiffe fuhren von Schlacht zu Schlacht und wurden 10- bis 15 mal in ein unterhalb des Schlachtes liegendes Schiff umgeladen.

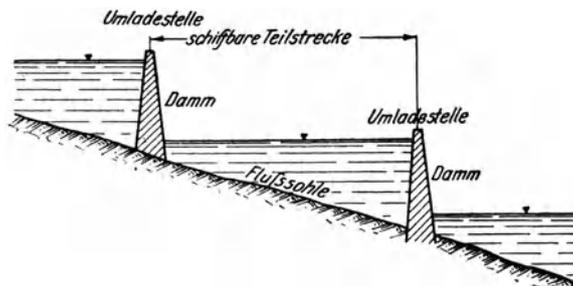


Abb. 1. Teilstreckenschiffahrt mit Staudämmen. Umladen der Schiffe.

Eine erhebliche Erleichterung bot bereits die Benutzung eines auf dem Damm stehenden drehbaren Kranes, wie er in Holland früher vielfach üblich war (vgl. Abb. 2). Die Güter wurden mit dem Kran umgeladen; das entladene Schiff blieb in der Haltung und fuhr neu beladen oder leer die Teilstrecke zurück.

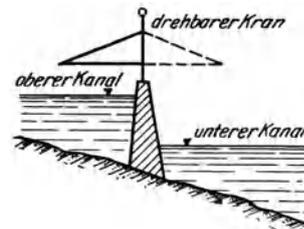


Abb. 2. Umladen durch drehbaren Kran für Teilstreckenschiffahrt.

Zeitverlust infolge des Umladens und des Wartens der Schiffe aufeinander, Verschlechterung der Güter und Arbeitsaufwand sind die Nachteile der Teilstreckenschiffahrt. Die Güter verloren auch während des für sie nachteiligen und sie den Witterungseinflüssen preisgebenden Umladens an Gewicht, wie z. B. die auf der Ruhr verschifftete Kohle, die beinahe pulverförmig am Bestimmungsort ankam. Die Teilstreckenschiffahrt konnte mit Vorteil nur angewandt werden, wenn die Schiffe auf der Hin- und Rückfahrt beladen waren. In älteren Zeiten ging aber der Gütertransport überwiegend nur in einer Richtung. Die Schiffe blieben daher auf der Rückfahrt unbeladen.

Durch die Staudämme wurde die Wasserbahn unterbrochen. Wollte man die mit der Teilstreckenschiffahrt verbundenen Nachteile beseitigen, so mußte also an ihnen irgendeine Einrichtung getroffen werden, die die Wasserbahn wieder herstellte.

Man beließ einfach in dem Damm eine unverschlossene Öffnung, durch die das Wasser ohne Unterbrechung aus der oberen in die untere Haltung floß (Abb. 3 und 4). Diese „ständig offene Schifffahrt“ war eine „Fahrt auf Strömung“.

Die Staudämme mußten dabei in kurzen Abständen angelegt werden, da die hierdurch erreichte Stauhöhe nur gering sein durfte, um keine zu großen Gefällshöhen zu erhalten.

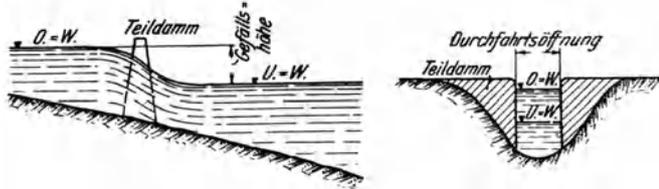


Abb. 3 und 4. Ständig offene Schifffahrt mit Fahrt auf Strömung.

Sie finden sich daher seltener und wohl nur auf Kanälen, wie z. B. auf den Torfkanälen in der Umgegend Bremens, heute noch als besondere Art von Klappenwehren¹⁾.

Bei wasserarmen Flüssen und deren ungleichen Zuflußmengen wurde, um durch Stauen des Wassers die schiffbare Wassertiefe zu erhalten, in die unverschlossene Durchfahrtsöffnung (Abb. 4) ein den Abfluß zeitweilig regulierender Verschuß eingebaut.

Die ersten derartigen vollkommeneren Stauvorrichtungen sind — abgesehen von den einfachen Balkenverschlüssen, wie sie vorzugsweise bei den Inundations-schleusen der Festungen angewandt wurden — die sog. Stauschleusen, auch Wasserlösen oder Schiffsdurchlässe genannt.

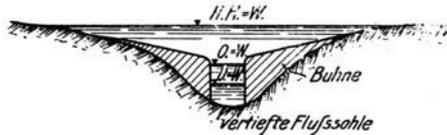


Abb. 5. Teildamm bei Hochwasser.

In Europa wurden sie zu Schifffahrtzwecken in Deutschland auf der Stoer und Elde in Mecklenburg, auf

der Alster bei Hamburg und auf der Stecknitz zwischen Lübeck und dem Möllner See, in England auf der Oberthemse, in Frankreich auf der Lys, Charente und Yonne (Seine) gebaut.

Häufig dienten die durch Stau- bzw. durch Kammerschleusen regulierten Wasserwege — wie vielfach auch heute noch — zur Wiesensbewässerung, so in Italien der Naviglio grande, der Kanal von Pavia nach Mailand, in Deutschland der oberhalb Lingen abzweigende Emskanal, durch den ein Teil des Ochsenbruches bewässert wird, oder zur Wasserversorgung, wie der Kanal de L'Ourcq, der Paris mit Wasser versorgt und auch kleinere Schiffe trägt, oder zur Entwässerung von Torfmooren, wie die Entwässerungskanäle in Holland, Ostfriesland, Oldenburg und im Bremischen.

Eine der eigenartigsten Erscheinungen des primitiven Schifffahrtsbetriebes, die des historischen Interesses wegen hier erwähnt wird, beschreibt eine Denkschrift über die Memel vom Jahre 1861. Mit Bezug auf die Gilgefahrt wird darin u. a. gesagt:

„Mitunter helfen sich die Schiffer, sobald sie zu mehreren eine flache Stelle nicht passieren können, auch dadurch, daß sie ihre Kähne in einer Doppelreihe

¹⁾ Gibt man obigen Teildämmen eine kleinere Höhe, so daß die überschüssigen Wassermengen bei starken Anschwellungen darüber hinwegfließen können, ohne schädliche Überschwemmungen zu verursachen, so erhalten wir als Abart eine gerade in unserer Zeit verbreitete Anwendung zur Vertiefung der Fahrrinne eines Stromes: den Buhnenbau (Abb. 5).

nebeneinander festlegen, um dadurch zwischen denselben eine Strömung zu erzeugen, durch welche sich die nötige Fahrtiefe in verhältnismäßig kurzer Zeit einstellt“.

Wenngleich die Idee, statt fester Stauwerke die Schiffe selbst als solche zu benutzen, mithin ein örtlich-zeitiges Stauwerk zu bilden, überaus sinnreich ist, hat sie eine allgemeinere Anwendung nicht gefunden, da die Voraussetzung, daß mehrere Schiffe sich gleichzeitig an der seichten Stelle sammeln, nur selten zutrifft und die durch ihre Verengung des Flußquerschnittes bewirkte Sohlenvertiefung auf Kosten einer längeren Fahrtdauer der Schiffe erzielt wird. Zudem würde — bei prinzipieller Durchführung solcher örtlichen augenblicklichen Sohlenvertiefungen — nur eine einfache Verlegung und damit unter Umständen eine zunehmende Verschlechterung des Flußbettes erreicht. Die unerläßliche Voraussetzung für eine regelmäßige Schifffahrt und Steigerung der Tragfähigkeit und des Verkehrs ist aber eine gleichmäßige Flußregulierung, deren Einwirkung auf das Gesamtgefälle des Flußlaufes und auf lange Zeit im voraus berücksichtigt worden ist.

Der ältere Schleusenbau Hollands.

Technisch.

Die natürlichen Verhältnisse eines Planeten bedingen, daß man künstliche Wasserstraßen horizontal als Kanäle und nicht mit Gefälle als künstliche Flußläufe baut, ausgenommen jene Fälle, in denen es sich nur um die Verlegung eines Flußbettes handelt.

Kaum ein anderes Land war — gerade in alten Zeiten — so sehr auf den Bau künstlicher Wasserwege angewiesen wie Holland, dessen zahllose wenig oder gar nicht geneigte Entwässerungskanäle gleichzeitig der inneren Schifffahrt dienen. Ihre Höhenlage ist je nach Größe der Zuflüßmengen aus den verschiedenen großen Entwässerungsbezirken nicht überall gleich. Die Überleitung, zum wenigsten die der größeren Hauptkanäle, ineinander oder in einen Fluß oder in die See setzte Einrichtungen zur Abfluß- und seeseitigen Zuflußregulierung voraus. Hierbei wird die Erhaltung einer konstanten Höhe des Kanalwasserspiegels durch die Rücksichtnahme auf die Schifffahrt und im Sommer auf das Austrocknen der Torfmoore und der Viehtränken (wie im Polder Zyp) notwendig.

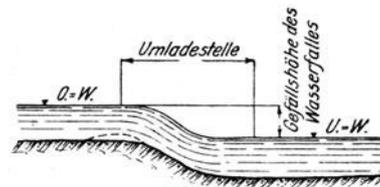


Abb. 6. Treckschüttenfahrt.

Die für kleinere Gefälle häufigere Einrichtung der „Treckschüttenfahrt“ (Abb. 6) entspricht der eingangs beschriebenen Teilstreckenfahrt mit dem Unterschiede, daß die Schiffe nicht am Damm, sondern am Ufer ent- und beladen und die Güter statt über den Damm über Land verladen wurden, wodurch die Nachteile des Arbeitsaufwandes und Zeitverlustes größer als bei der Teilstreckenfahrt waren. Auch hier hatte der obere und der untere Kanal seine eigenen Fahrzeuge, wobei die entladenen Schiffe zurückblieben.

Die Nachteile der Treckschüttenfahrt machten sich mit steigendem Verkehr, der vorwiegend nur in einer Richtung den Gütertransport vermittelte, zunehmend fühlbar. Sie führten in Holland zur Anwendung der „Rollbrücken“ (im Sinne der damaligen — nicht heutigen — sprachlichen Bezeichnung, holländ. over-

toom, overdragt), die aus zwei geneigten Ebenen, häufig auf mit dem Wasser steigenden und fallenden Schiffen ruhend, bestanden und über die „kleinere Kähne“ hinweggezogen wurden (Abb. 7)¹⁾.

Während Holland die „Rollbrücken“ überhaupt nur bei kleinen Gefällen zum Überziehen der Marktschiffe anwandte, baute es bei größeren Gefällen Schleusen. Holland baute vornehmlich drei Arten von Schleusen:

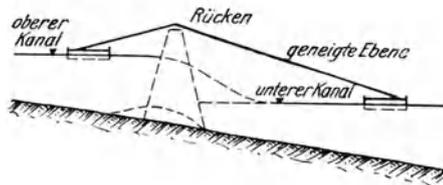


Abb. 7. Rollbrücke.

1. Zum Räumen und Vertiefen der Häfen mit aufziehbarer Schleusentür (Abb. 8). Durch Hochziehen des Schützes bis zur Höhe $a-b$ wurde dem Binnen- oder Außenwasser ein plötzlicher Wasserdurchfluß und damit die Räumung

und Vertiefung des Hafenbeckens ermöglicht.

2. Sielschleusen mit Stemmtüren (punteuren, swaey- oder steecdeuren) (Abb. 9). Sie liegen unter dem Deich. Ihre Türen öffnen und schließen sich bei Ebbe und Flut von selbst.

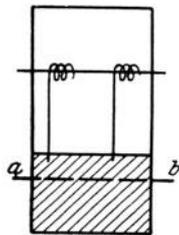


Abb. 8. Schleuse zum Räumen und Vertiefen der Häfen mit aufziehbarer Schleusentür.

Beide Schleusenarten gestatteten den Schiffen mit stehenden Masten keine Durchfahrt. Diese ermöglichte

3. die Kammerschleuse, deren Stemmtore nicht unter dem Deich, sondern in gleicher Höhe mit ihm liegen, um die Flut abzuhalten.

Abb. 10 zeigt die älteste uns überlieferte holländische Zeichnung der Kammerschleuse nach Stevin, der dazu folgende Beschreibung gibt:

„daer of teerste paer deuren is A, het tweedde paer B, vervanghende tusschen beyden een kolc, sas of verlaet, met twee

¹⁾ Ihre Anwendung erschien gegenüber Schleusen vorteilhaft, da sie kein Wasser verbrauchten. Aus diesem Grunde schlug sie Cornelius Meyer für Italien und Sturm für Deutschland als besonders geeignet vor.

Rollbrücken waren billiger als Schleusen und daher auch bei wenig lebhafter Schifffahrt, wie in Deutschland, mit Vorteil anzulegen, da es möglich war, jedes einzelne Schiff hinüberzuziehen und so das zeitraubende Warten auf Wasserneuansammlungen einzuschränken. Auch gestatteten sie die Ausschaltung der die Schifffahrt so nachteilig unterbindenden verschiedenen Wassermühlenansprüche, die in Deutschland im Gegensatz zu Holland, wo der Windmühlbetrieb die Schifffahrt nicht beeinträchtigte, besonders zahlreich waren.

Jedoch haben die Nachteile des mühsamen und zeitraubenden Überziehens und des Leichten und der Ladung schädlichen Leckwerdens der Schiffe der Rollbrücke in Deutschland trotz des Sturmschen Vorschlages keinen Eingang gewährt.

Auch in Holland selbst verließ man ihre Anwendung, da für Holland die Vorteile mit zunehmender Schifffahrt abnahmen. Die höheren Baukosten der Kammerschleuse gegenüber der Rollbrücke brauchte Holland, dem die rege Schifffahrt, im Gegensatz zu Deutschland, wo der Schiffsverkehr nur unbedeutend war, hohe Einkünfte brachte, nicht zu meiden; desgleichen nicht den der Kammerschleuse eigenen geringen Wasserverbrauch, da er auf den Windmühlen- und Schifffahrtsbetrieb ohne Einfluß war. Dagegen wurde die häufige Benutzung der Rollbrücken diesen selbst und besonders den Schiffsgefäßen nachteilig und machte ihren Betrieb unwirtschaftlicher als den einer Schleuse.

Die verjüngte Form der Rollbrücke ist die „schiefe Ebene“, die infolge Anwendung eines Wassertransportwagens und vollkommenerer Bewegungsmechanismen die der Rollbrücke anhaftenden Nachteile im wesentlichen vermeidet, unter Beibehaltung des Vorteiles, keinen direkten Wasserverbrauch zu haben.

waterloopkens inde sijmueren ghewrocht, diemen slecken noemt, als *CDE* en *FGH*, hebbende elc een Sluijsdeurken“¹⁾.

Nachdem Stevin von Türen, die sich mit Flut und Ebbe von selbst heben bzw. auf ihr Fundament legen, und von Türen, welche man zur Seite ins Land zieht — Verschußformen, die wir als Vorläufer der heutigen Klapp- und Schiebetore ansehen müssen —, gesprochen hat, fährt er fort:

„Tot hier toe is verhaelt' tghene over lanc int ghebruyc heeft gewheest, om daer me grondelicker den nieuwen vondt te verklaren, als volght“²⁾.

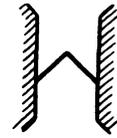


Abb. 9. Sielschleuse mit Stemmtüren.

Danach waren also Kammerschleusen mit vorherigem Wasserausgleich durch Umläufe bereits „lange Zeit“ vor 1600, dem Jahre der Drucklegung der *Operum mathem.* des bedeutenden Mathematikers Stevin, in Gebrauch. Die von späteren Schriftstellern häufig zitierte Angabe Belidors, dessen umfangreiches Werk „*Architectura hydraulica*“ bis in das 19. Jahrhundert grundlegend blieb, daß die Kammerschleuse um 1600 erfunden sei, da Stevin von ihrer neuen Erfindung um 1600 geschrieben habe, beruht offensichtlich auf einem Irrtum oder auf ungenauer Übersetzung der französischen Ausgabe des Stevinschen Werkes von Girard, die Belidor zur Hand hatte und in der die Überschrift des I. Kapitels „*De la nouvelle invention des écluses*“ lautet.

Nunmehr erst, nachdem er von den bis auf seine Zeit hin in Holland seit langer Zeit gebräuchlichen drei Schleusenarten gesprochen hat, geht Stevin auf seine neue Erfindung (*la nouvelle invention des écluses*) ein, die lediglich eine Verbesserung der Stemmtore mit Drehspindel, wie sie Adrian Janssen bei der Schleuse zu Briel zuerst ausgeführt hatte, darstellt. Stevin bildet jedes Stemmtor in der in Abb. 8 dargestellten Weise aus, indem er statt einer Drehklappe mit lotrechter Spindel ein das Stemmtor voll ausfüllendes, aufziehbares Schütz anordnet, wodurch er eine kräftigere Spülwirkung als bei den Drehklappen erreicht.

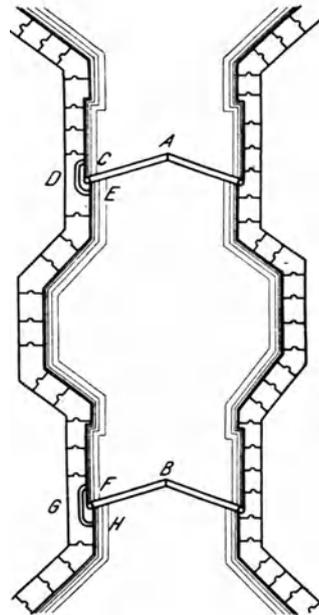
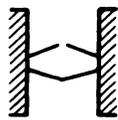


Abb. 10. Älteste Form der Kammerschleuse in Holland.

Diese Art Spülschleusen — *spilsluijsen* — (Abb. 11) fanden vielfache Anwendung. So z. B. im Festungsbau bei den Festungswerken der Stadt Amsterdam, deren Festungsgräben einen schiffbaren Kanal bildeten, der östlich und westlich mit dem Y und südlich mit dem Amstelfluß in Verbindung stand, ferner um die Fahrten zwischen zwei Inseln oder zwischen einer Insel und dem Festlande, wie z. B. die Nieuwerhavensche Fahrt längs Cadsandt und Groe, durch Spülung offen zu halten und zu vertiefen, ohne die Schifffahrt zu behindern (Abb. 12).

¹⁾ „Deren erstes Paar Türen *A* ist, das zweite Paar *B*, zwischen beiden eine Schleuse (*kolc, sas* oder *verlaet*) bildend, in deren Seitenmauern man zwei kleine Wasserläufe anbringt, die man ‚slecken‘ nennt, wie *CDE* und *FGH*, die jedes eine kleine Schleusentür haben“.

²⁾ „Bis hierher ist von dem erzählt, was seit langem in Gebrauch gewesen ist, um dadurch um so gründlicher den neuen Fund zu erklären, wie folgt.“

Abb. 11.
Spülschleuse.

Die Wirkungsweise ist folgende:

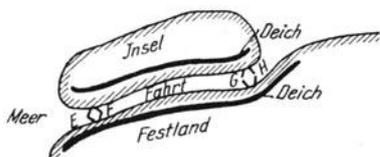
1. Ist in der Fahrt Hochwasser, dann werden die Tore *G* und *F* geschlossen und bei Ebbe abwechselnd geöffnet.

2. Ist in der Fahrt Ebbe, so werden die Tore *E* und *H* geschlossen und bei Hochwasser abwechselnd geöffnet, wobei der Sand erst mit der Ebbe (Vorgang unter 1) fortgeräumt wird.

Die zweite Gebrauchsanwendung dient also lediglich zur Erhöhung der Wirkung der ersten.

Historisch.

Die in der flachen Beschaffenheit des ebbe- und flutbespülten Landes liegende Notwendigkeit, den Austritt der Binnenwässer zu regulieren, bestand für Holland mit Beginn der Bedeichung. Diese setzte vor 1100 ein.

Abb. 12. Spülschleusen für die
Nieuwerhavensche Fahrt.

Eine der ältesten Urkunden über die Anlage eines künstlichen Wasserweges mit Stauvorrichtung ist die im Jahre 1155 vom Bischof von Utrecht an die Bewohner von Lobeke (am Lauwersee im Norden von Groningen) erteilte Erlaubnis, einen Kanal und eine Schleuse zu bauen. Von einer Schifffahrt wird

darin nicht gesprochen. Ohne Frage aber entwickelte sie sich mit der Anlage von Kanälen.

Der Gedanke einer Schifffahrtsschleuse findet sich nachweislich bereits 1243 (vgl. S. 138).

Für den Schleusenbau bestehen in Holland zwei getrennte Entwicklungsgebiete:

1. Schleusen (Deich-, Siel-, Seeschleusen) im Bereich der Ebbe und Flut mit dem zweifachen Zweck, das Land gegen Überschwemmungen zu schützen und die Schifffahrt zu ermöglichen.
2. Schleusen (verlaate) im Bereich der Binnenschifffahrt, um in den Kanälen die schiffbare Wassertiefe zu halten.

Der von Büsch (vgl. auch Verhandeling over de Verbetering der outlasting van Rhijnlandts Boezemwater) und auch von Wiebeking vertretenen Ansicht, daß die Fahrt aus den Kanälen in das Y und aus dem Y von Amsterdam direkt nach Haarlem bei dessen hoher Flut nicht möglich gewesen wäre, da z. B. die Flut aus dem Y nicht in den Spaarnefluß treten durfte, und der daraus gezogenen Folgerung, daß diese Schleusen unbedingt Kammerschleusen gewesen sein müssen, kann nicht bzw. nur beschränkt zugestimmt werden. Denn es ist sehr wohl denkbar, daß man sich anfangs mit einer nur zeitweilig möglichen Schifffahrt beholfen und bei fallendem Wasser im Y dessen Wassergleichstand mit den Kanälen abgewartet hat, um die Schiffe durch einfache Schleusen durchfahren zu lassen. Der Binnenwasserstand ließ sich dabei durch Einschränkung auf günstige Tidenzeiten regulieren.

Schon 1244 sind Zollsätze zwischen Utrecht und Lübeck festgelegt worden. Und gerade in den folgenden 50 Jahren hat die Schifffahrt durch die Handelsbeziehungen mit der Hanse einen raschen und kräftigen Aufschwung genommen.

Eine derart rege Schifffahrt läßt zweifelsohne nur eine geringe zeitliche Beschränkung durch den Schleusenbetrieb zu, so daß man das frühzeitige Bedürfnis

nach einer Kammerschleuse, um eine ununterbrochene, von den Tiden unabhängige Schifffahrt zu ermöglichen, gerade in jener Zeit hochentwickelter Handelsbeziehungen anerkennen muß.

Ob nun die Kammerschleuse in Holland aus der einfachen Schleuse allmählich entstanden ist oder ob sie — und dann auch sehr früh — gleich als solche angelegt wurde, darüber fehlt in der hier aufgeführten Literatur jeglicher Anhalt.

Die zahlreichen Urkunden und Belege über die älteren in Holland ausgeführten Schleusenbauten erschweren durch ihre verschiedenen Bezeichnungen wie „sluijs, colck, verlaet, schuttinghe“ außerordentlich ihre Feststellung als Kammerschleuse, da die Beschreibungen der Bauwerke unklar sind oder, soweit sie in Händen von Interessengemeinschaften oder Genossenschaften waren, fehlen.

Auf Grund des aus dem Literaturverzeichnis gesichteten Materials soll nachstehend der Nachweis versucht werden, wie weit der Bau der älteren Schleusen in Holland zurückreicht und inwieweit es mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit zulässig ist, in Anlehnung an die im Vorstehenden gemachten technischen Darlegungen auf eine Kammerschleuse zu schließen.

Die von Stevin um 1600 gegebene Beschreibung einer Kammerschleuse ist einwandfrei durch Schrift und Zeichnung belegt (vgl. S. 135). Ob die von ihm gebrauchten Wortbezeichnungen bereits 400 Jahre vorher die gleiche oder eine andere Bedeutung gehabt haben, darüber fehlen in den hier aufgeführten Literaturen gleichfalls klare Belege, da sie genauere Beschreibungen oder Worterklärungen jener Zeit nicht enthalten. Diese Nachforschungen wären auch die Aufgabe der Etymologie bzw. der Terminologie.

Stevin bezeichnet das Wort „Kammer“ als „kolck, sas of (oder) verlaet“.

In gleichem Sinne werden diese Bezeichnungen z. B. in einem alten holländischen Wörterbuch von Halma (1710) und bei Büsch, einem gründlichen Kenner des holländischen Wasserbaues, gebraucht.

Nach Halma bedeutet „verlaet“ ein Siel und „sluijs“ wiederum ein „verlaet, waterschutting“, wobei er bemerkt: „Dè sluijsen zijn gemeenlijk met dubbele schutdeuren vorzien“¹⁾.

Nach Büsch werden kleine Stauschleusen (Schleuse mit Fallschütz) als „waterkeeringen“ bezeichnet, die uns in den älteren Dokumenten häufig begegnen. Hierdurch wird die Wahrscheinlichkeit, daß die als „verlaate“ bezeichneten Schleusen Kammerschleusen waren, erhöht, um so mehr, als Büsch, dessen Angaben hoher Wert beizumessen ist, folgende präzise Erklärungen darüber gibt:

„Verlaate“ heißen die kleinen hölzernen Kammerschleusen, welche die Hauptbusen von denjenigen inneren Kanälen oder Leitbusen, die zur Schifffahrt dienen und welche auch vaarten genannt werden, abschließen. Die größten Entwässerungsgräben, längs denen man gewöhnlich die Häuser anlegt, dienen dann zugleich zu Kanälen für kleinere Boote und heißen Fahrten. Sie stehen dann öfter, in Holland, mit den Hauptschiffahrtskanälen mittels hölzerner Kammerschleusen (verlaate genannt) in Verbindung.“

Aus dieser Aufzeichnung ersieht man, daß die verlaate die auf den Binnenschiffahrtskanälen übliche Schleusenform waren, wie es auch aus den Darlegungen Stevins hervorgeht, wonach die verlaate (Kammerschleusen) ihre verbreitetste Anwendung auf den Torfkanälen (venen oder vaarten genannt) fanden. Sie hatten

¹⁾ „Die Schleusen sind im allgemeinen mit doppelten Schüttüren versehen.“

— nach Stevin — den Zweck, torfbeladene Schiffe in die See oder in Flüsse oder sie von dort nach anderen Orten fahren zu können oder die Torfmoore auszutrocknen. Da letzteres die Fahrten oft zu trocken machte, wurden an verschiedenen Plätzen (tot verscheyden plaetsen) „verlaaten“ angelegt, um das Wasser aufzuhalten, ohne die Schifffahrt zu behindern. Bei hohem Wasserstand verwendete man das Wasser zum Spülen der seichteren Fahrten.

Der Bau der verlaate reicht nachweislich bis 1200 zurück, wo bereits verschiedene in den Dämmen der Flüsse, nach denen die Orte ihre Namen erhielten, wie Amstelredam, Sparendam usw., angelegte „sluijsen of verlaaten“ erwähnt werden.

Auch die um 1300 zur Ableitung des Stadtgrabens erbaute, unter dem See-
deich durchlaufende „kolck sluijs“ ist — nach Stevinscher Bezeichnung — als Kammerschleuse aufzufassen entsprechend den Sielen, die aus Sicherheitsgründen doppelt verschlossen sind. Die Verschlüsse liegen zu beiden Seiten des Deiches, damit sie jederzeit bequem bedient und ausgebessert werden können. Um den inneren, unter dem Deich liegenden Teil (die Kammer) ausbessern zu können, wird die Höhe solcher Abwässerungsschleusen so bemessen, daß eine Kahnfahrt (z. B. für den Schleusenwärter) hindurchgehen kann. Dann konnten auch Schiffe mit niederlegbaren Masten, wie sie in Holland üblich waren, durchfahren. Noch 1650 findet sich eine besondere Erwähnung, wonach das zweite Tor der auch von Schiffen befahrenen Bulbaksschleuse des Nachts geschlossen wurde; daraus geht auch der Sicherheitszweck des zweiten Verschlusses (als Nottür bezeichnet) hervor.

In zahlreichen Erlassen wird der Bau von „spoyen, verlaaten ende deurvaerten“ nebeneinander erwähnt. Es ist offensichtlich, daß jedes eine andere Bedeutung hat, wobei das Wort „sluijs“ oftmals sowohl das eine wie das andere bedeuten kann.

Mit „deurvaert“ wird ein einfacher Schiffsdurchlaß bezeichnet.

Die Nachrichten über das Wort „spoya“ reichen bis 1243 zurück, wo es in einem alten Pergament aus dem Ardenburger Archiv als „speia et slusa“ erwähnt und wie folgt erklärt wird:

„Speia — Est porus elix vel canalis, vernacule spine, cataractis vel Slusa praeclusus“¹⁾.

„Speia“ ist nach dieser Erklärung also nichts anderes als ein Stück Kanal oder ein Wasserdurchgang, mit anderen Worten ein Wasserpaß, im Gegensatz zu dem sonst üblich gewesenen Landpaß der Treckschüttenfahrt und „Rollbrücke“. Den Verschuß bildete eine Schleuse, deren Breite und Tiefe — so wird man folgern müssen — so groß waren, daß sie schiffbar war, d. h. von Schiffen durchfahren werden konnte.

Die vorerwähnte Worterklärung für „speia“ aus dem Jahre 1243 stößt nun auch den in der Wasserbauliteratur wie kaum ein anderes Bauwerk immer wieder als ältesten Kammerschleusenbau erwähnten, 1253 erlaubten und 1285 ausgeführten Bau der Schleuse zu Sparendamm um.

¹⁾ „Speia — das ist ein Wasserdurchgang oder Kanal, in der heimischen Sprache auch Dorn (spine) genannt, durch Wasserfälle oder eine Schleuse verschlossen.“

Weiter wird darin bestimmt, daß die lichte Weite der Brücken gleich der Durchfahrtsweite der Schleuse und auch die Höhe bei beiden gleich sein solle, „damit die Schiffe beim Durchschleusen an der Jochbrücke nicht gehindert werden“. Die Stelle lautet im Original: „Item tanta debet esse latitudo et altitudo inter iuga pilarum pontium quanta erit inter postes sluse / ut naves per slusam transeunt ad pontes non impediuntur /“.

F. W. Conrad erwähnt die Schleuse zu Sparendamm in seinem Buche „Verspreyde Bijdragen“ als älteste Schiffahrtsschleuse, deren Ausführung eine Verordnung des Grafen Wilhelm II. (nachher zum deutschen Kaiser gewählt) zu Leiden, den 5. April 1253 gegeben, vorausging, in der gesagt wird:

„. . . et fieri faciennus transmeatum quendam aquarum (qui „Spoya“ vulgariter appellatur) vel foramen, hab per quod majores naves cum suis oneribus possint de facili pertransire in Dampno apud Sparnam.“

Die hieraus von F. W. Conrad auf viele Beweise gestützte Ableitung, daß es sich um eine Kammerschleuse handle, ist nicht stichhaltig. Denn die „Spoya“ wird lediglich als ein Wasserdurchgang oder Öffnung (transmeatum quendam aquarum vel foramen) bezeichnet, durch den größere Schiffe mit ihren Lasten leicht und mühelos im Damm hindurchfahren können (per quod majores naves cum suis oneribus possint de facili pertransire). Den Hauptwert mißt Conrad der näheren Bestimmung bei, daß die Schiffe mit ihren Lasten leicht hindurchgezogen werden können (de facili pertransire in Dampno).

Vergegenwärtigen wir uns nun wieder, daß das Umladen der Schiffe oder das Überziehen über die Deiche die anfänglichen unvollkommenen Schiffahrtsbetriebsformen waren, so erkennen wir deutlich, welchen bedeutenden Fortschritt die Anlage eines einfachen Schiffsdurchlasses, Spoya genannt, darstellt.

Damit fallen die Angaben von Teixeira de Mattos und die weiteren von F. W. Conrad bezüglich der Art der Sparendammer Schleuse aufgestellten Nachweise und besonders der, daß es sich um eine neue Art Schleuse, und zwar um eine Kammerschleuse gehandelt haben müsse, da ihr Bau in einer Verordnung ausdrücklich erlaubt werde. Das wäre, so sagt Conrad, da Schleusen in Holland zu jener Zeit nichts Ungewöhnliches waren, nicht der Fall gewesen, wenn es den Bau einer gewöhnlichen Schleuse betroffen hätte. Aus diesem Grunde und infolge der Einwirkungen von Ebbe und Flut könne es nur eine Kammerschleuse gewesen sein.

Die Folgerung Conrads, daß es sich um eine neuartige Anlage gehandelt habe, ist richtig; jedoch nicht der daraus gezogene Schluß auf eine Kammerschleuse.

Das Neue der Anlage war nicht der Übergang von einer einfachen zur Kammerschleuse, sondern der von der Treckschüttenfahrt mit Umladen der Güter oder mit Überziehen der Schiffe über den Damm zur freien Durchfahrt auf einer schiffbaren Wasserverbindung im Deich. An die Stelle des Landpasses war der Wasserpaß getreten.

Das Belassen des Schiffskörpers im Wasser und gleichzeitig das der Güter im Schiffskörper stellen in technischer Beurteilung einen gewaltigen Fortschritt dar gegenüber den älteren Verkehrsformen der Schiffahrt. Einen Fortschritt, der auf die weitere Gestaltung des Schiffahrtsbetriebes gerade für Holland von so einschneidender Bedeutung war, daß der Bau einer Schiffahrtsschleuse, die das mühelose Durchfahren der Schiffe mit ihren Lasten im Damm gestattete, in dem Erlaß ausdrücklich hervorgehoben wurde.

Die älteren Angaben über die Schleuse zu Gouda reichen urkundlich bis 1284 zurück, jedoch besagt eine Verordnung „dat sy de duer leggende in der Gouden Sluyse opten Rhyn, uyt doen mogen . . .“ deutlich, daß es sich um eine einfache Schiffahrtsschleuse (mit „einer“ Tür) handelt.

Die sich an diesen Schleusenbau von Gouda vom Jahre 1284 knüpfenden Angaben einiger Wasserbauer, es handle sich um eine Kammerschleuse, erscheinen damit hinfällig.

Dagegen wird im Jahre 1413 in einer Verordnung des Grafen Wilhelm von Holland, Herzog von Bayern, vom 15. Oktober eine zu Gouda erbaute Schleuse unter dem Namen „Kulck ofte (oder) schuttingen“ genannt. Hieraus kann, da diese Bezeichnungen in den weiteren Urkunden aus jener Zeit häufiger auftreten, und da sie auch heute noch in diesem Sinne gebraucht werden, wohl ohne Bedenken auf eine Kammerschleuse zu damaliger Zeit geschlossen werden.

Historisches Ergebnis.

Das auf Urkunden gestützte historische Ergebnis über den Schleusenbau in Holland ist:

1. Der Kanal- und Schleusenbau reicht nachweislich bis 1155 zurück.
 2. 1243 und später bestanden bereits Schifffahrtsschleusen.
 3. Die älteren Schleusenbauwerke werden als „sluisen, spoyen, verlaaten, waterkeeringen und deurvaerten“ bezeichnet. Da „sluys“ häufig statt der übrigen Bezeichnungen auch zusammenfassend angewandt wird, ist eine einwandfreie Ermittlung der ältesten Kammerschleusenbauten sehr beeinträchtigt¹⁾.
 4. In der Binnenschifffahrt wurden auf den Torfkanälen (veenen, vaarten, grachten) „verlaate“ angelegt. Hierunter sind nach den von Stevin und Büsch gegebenen Erklärungen Kammerschleusen zu verstehen. Ihre Anlage reicht bis 1200 zurück.
 5. Mehrere Schifffahrtsschleusen waren schon 1413 unter dem heute in Holland für Kammerschleusen üblichen Namen „Kolk of (oder) schuttingen“ bekannt.
- Ob die unter 1—5 genannten Schleusen irgendwelche Einrichtungen zum Wasserausgleich vor dem Öffnen der Tore hatten, ist nicht überliefert.
6. Die erste einwandfreie Beschreibung einer durchgebildeten Kammerschleuse unter gleichzeitiger Nennung von Torschützen und Umläufen als Einrichtungen zum Füllen und Entleeren geschieht um 1600 durch Simon Stevin, nach dessen Angabe sie jedoch schon „lange Zeit“ vorher bekannt war.
 7. Eine wissenschaftlich einwandfreie Ermittlung, ob die Wortbezeichnungen „verlaate“ und „kolk of schuttinge“ in der Zeit von 1200 bis 1400 Bedeutungswandlungen durchgemacht haben, ist auf Grund der hier bearbeiteten Literaturen nicht möglich. Sie ist Aufgabe der Etymologie bzw. Terminologie.

Technisches Ergebnis.

In technischer Hinsicht lassen sich drei Entwicklungsstufen des Schifffahrtsbetriebes bzw. der Einrichtungen zur Überwindung von Stauhindernissen durch Belege nachweisen:

1. Die Treckschützenfahrt von Damm zu Damm (oder Wasserfall), wobei das entladene Schiff in der schiffbaren Teilstrecke verbleibt. Die Güter werden mit der Hand oder mit einem Kran umgeladen.
2. Die Teilstreckenfahrt mit Unterbrechung durch zeitweiliges Entheben des Schiffskörpers aus dem Wasser:
 - a) zum Überziehen über den Damm selbst oder
 - b) zum Überziehen über die „Rollbrücke“ (overtoom).

¹⁾ Nachweislich bedeuten „spoyen (speia), waterkeeringen und deurvaerten“ lediglich einfache Schifffahrtsschleusen, Wasserlösen oder Stauschleusen (man vergleiche auch P. Rheders Erklärung des Wortes „spoeie“ als „Wasserlöse“ in seinem Werk über das Niederschlagsgebiet der Trave), deren ältere Verschlussform das aufziehbare Tafelschütz ist, an dessen Stelle später — der Zeitpunkt ist für Holland nicht festzulegen — die Stemmtore getreten sind, die sich in älteren Zeiten vorzugsweise bei Siel- und Spülschleusen finden.

1 und 2 erfordern keine Durchbrechung des Deichverbandes. Eine Durchbrechung bedingt die Wiederherstellung des Deichverbandes durch Verschließen der Öffnung mit einer Schleuse und, sobald die Durchfahrt auch Schiffahrtzwecken dient, mit einer Schiffahrtsschleuse.

Der Verschuß ist ein einfacher oder doppelter, letzterer bei Entwässerungsschleusen zur Ermöglichung einer ständigen zeitlich nicht beschränkten Schiffahrt.

In der Eigenart des Landes ist die Kanalschiffahrt — die Schiffahrt auf stehendem (nicht strömendem) Wasser (im Gegensatz zur Flußschiffahrt) — und der vorwiegende Zweck der Kammerschleuse: einen konstanten schiffbaren Kanalwasserspiegel zu halten, begründet.

Die Idee der Kammerschleuse — so kann man schließen — ist, im Gegensatz zu Deutschland und Italien, nicht aus schiffahrtlichen Gründen entstanden. Sie wurde von den Entwässerungsschleusen, die den Deich noch tunnelartig durchbrachen und aus Sicherheitsgründen doppelt (see- und landseitig) verschlossen waren, übernommen.

Wenngleich diese Art Entwässerungsschleusen (Kammersiele) niedrigen Schiffen ohne oder mit umgelegten Masten die Durchfahrt gestatteten, so war ihr eigentlicher Zweck und Grund zu ihrer Anlage die Abwässerung der Binnenwässer. Sie sind daher als Entwässerungs-Kammerschleusen und nicht als Schiffahrts-Kammerschleusen anzusehen. Ob die Schiffe in ihnen gehoben oder gesenkt wurden, ist nicht überliefert. Erst mit dem Zwecke, Wasserspiegelunterschiede zeitweilig auszugleichen, werden die Entwässerungsschleusen zu eigentlichen Schiffskammerschleusen, wobei geeignete Einrichtungen zum vorherigen Wasserspiegelausgleich, d. h. zum Füllen und Entleeren der Kammer Voraussetzung sind, um die Tore bei Wassergleichstand öffnen und schließen zu können. Für die niedrigen Entwässerungsschleusen ist das nicht wahrscheinlich; eher schon bei jenen Schleusen, die den Deich in seiner ganzen Höhe durchbrachen.

Daß der Bau von Kammerschleusen (verlaate) auf den Binnenkanälen älter ist als der der Seeschleusen, erklärt sich daraus, daß die Durchstechung der Binnendeiche der Polder für das Land nicht so gefahrvoll war wie die der Seedeiche.

Es besteht kein Zweifel, daß die im Einflußgebiet des Meeres angelegten Schleusen anfänglich nur einfache Schiffahrtsschleusen (spoyen, waterkeeringen, deurvaerten) waren.

Wann die Zweiteilung jener einfachen Seeschleusen erstmalig auftritt, ist nicht belegt.

Der Übergang von der einfachen zur doppelten Stauschleuse als Vorläufer der Schleppzugschleuse in Deutschland.

Kanal- und Flußschiffahrt.

Wie in Holland, so reicht auch in Deutschland der Bau künstlicher Wasserwege bis 1100 zurück. Im Jahre 1218 wird der Einsturz eines Sieles in Oldenburg berichtet und erwähnt, daß das Siel bereits vor mehr als 100 Jahren angelegt wurde. Die Siele lagen an den Entwässerungsgräben der Moore (sog. Moor- oder Torfkanäle). Sie dienten außer der Entwässerung auch — wie in Holland — der Schiffahrt, wie Winkelmann in seinen Not. Hist. Polit. vet. Saxo-Westphaliae ausführt.

Ein älterer Moorkanal ist auch der 1288 erbaute „Kuhgraben“, der unterhalb

der Wümme von Lilienthal abzweigt und nach Bremen führt und heute noch unter gleichem Namen besteht.

Die eigentliche Entwicklung hat die Schifffahrt in Deutschland jedoch — im Gegensatz zu Holland — auf den natürlichen Wasserstraßen, den Flußläufen, erfahren.

Im Gegensatz zu der auf Stauwasser unbehindert statthabenden Kanalfahrt findet die Flußschifffahrt gerade in den ungleichen Gefälls- und Wasserverhältnissen und in den Strömungen der Flüsse ihre Hauptschwierigkeiten, weshalb ihre Entwicklung und die der angewandten Staumittel eine wesentlich andere als in Holland ist, mit Ausnahme der ersten eingangs erwähnten Vorläufer.

Zweck der Stauanlagen der Flußläufe ist die Schaffung einer schiffbaren Wassertiefe. Sie fehlt dort, wo das Gefälle zu groß oder zu ungleich ist, wobei die Mächtigkeit der Zuflußmengen entscheidend ist. Da die Zuflußmengen im Sommer, wo die Schifffahrt am regsten ist, am kleinsten sind, mußte die dem Zwecke des Stauens genügende einfache Stauschleuse (Wasserlöse, Schifffahrtsschleuse) so ausgebildet werden, daß sie gleichzeitig den der Stauschleuse eigenen erheblichen Wasserverbrauch einschränkte. Eine Wasserersparnis wurde durch die Wiederholung einer zweiten Stauschleuse in kürzerer Entfernung unterhalb der ersten erreicht. Dieser Übergang stellt die erste, noch unvollkommene Form einer Kammerschleuse dar.

Die Stecknitzfahrt.

In ursächlichem Zusammenhange zeigt uns diesen Übergang die Stecknitzfahrt — ein ebenso historisch als technisch bedeutendes Werk älterer Schiffbar-machung von Flüssen (Abb. 13).

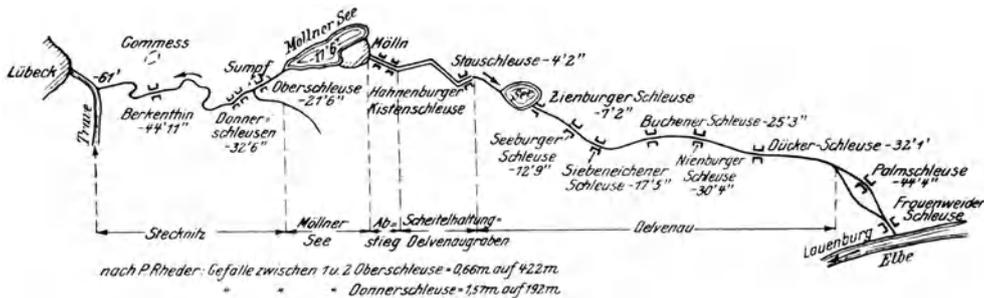


Abb. 13. Die Stecknitzfahrt.

Erstmalig wird die Stecknitz 1188 als „flume cikinize“ erwähnt. Bereits 1336 bestand nach einer Urkunde des Herzogs Albrecht IV. von Sachsen auf der Stecknitz die Oberschleuse. Wie weit ihr Bau vorher zurückreicht, ist nicht überliefert.

Es ist nicht wahrscheinlich, daß die Schiffbarkeit der Stecknitz mit dieser einen Schleuse erreicht worden ist. Man vergleiche Dr.-ing. P. Rheder, der fortfährt: „Es ist vielmehr anzunehmen, daß gleichzeitig mit der Oberschleuse flußabwärts, etwa bei der Donnerschleuse und Berkenthiner Schleuse, weitere lösbare Stauwerke eingelegt wurden, mittels welcher der zusammenhängende Ablauf der schiffbaren Stauwelle in dem stark abfallenden Flußlauf ermöglicht werden konnte.“

Am 24. Juni 1390 wurde zwischen dem Rate der Stadt Lübeck und dem Herzog von Sachsen, Engern und Westfalen die Durchstechung des zwischen Stecknitz und Delvenau liegenden Höhenrückens bei Mölln und damit die schiffbare Verbin-

dung mit dem Möllner See sowie die gleichzeitige Schiffbarmachung der Delvenau mittels Schleusen beschlossen.

Der Bau dieses künstlichen Wasserweges wurde in den Jahren 1391 bis 98 ausgeführt und ist die älteste schiffbare Verbindung zwischen Nord- und Ostsee. Ihr folgten zu gleichem Zwecke der 1448 beschlossene und 1525 fertiggestellte Alster-Travekanal, dessen Schifffahrt nach 25 Jahren einging, der 1575 bis 77 erbaute schleswig-holsteinische oder Eiderkanal und in neuerer Zeit der 1900 vollendete Elbe-Travekanal und der bereits erweiterte Kaiser-Wilhelmkanal.

Die Ober- und Donnerschleuse auf der Stecknitz bestehen aus zwei rd. 400 bzw. 190 m auseinander liegenden Einzelschleusen. Diese Zweiteilung verhindert das zu schnelle Abfließen des Wassers. Offenbar ist sie, wie Hogrewe und Woltmann ausführen, jüngerer Datums. Nach der ausführlichen und durch zahlreiche Dokumente belegten Arbeit von Dr.-ing. Rheder konnte der Zeitpunkt der Zweiteilung bisher nicht ermittelt werden¹⁾.

Die Stecknitzfahrt war eine sog. Fahrt auf Schwellungen, wie sie sich in größerem Umfange auf der Yonne (Seine) findet. Diese künstliche Flußschifffahrt erforderte viel Wasser, in dessen Ermangelung die Schiffe oft mehrere Tage warten mußten, bis sich 8 bis 12 Schiffe vor der Schleuse angesammelt hatten. Sie wurden im allgemeinen an drei Tagen der Woche, den „Zapfeltagen“, durchgeschleust; die Wasseransammlung vor einer Schleuse

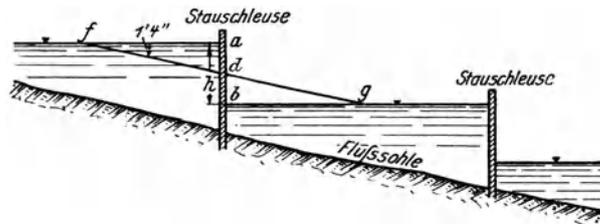


Abb. 14. Schematische Darstellung der Stecknitzfahrt. (Fahrt auf Schwellungen.)

dauerte etwa einen Tag, weshalb die Schifffahrt an jedem zweiten Tage ruhte.

Während das nächste untere Tor geschlossen blieb, wurden die Schützen des oberen zu durchfahrenden Tores geöffnet, bis das Gefälle ab (Abb. 14) zur Hälfte verlaufen war und die Ebene fg eine gerade Fläche bildete, wobei der Winkel afd für $h = ab = 4$ Fuß Fallhöhe $1' 4''$ betrug, worin $1' 4''$ ein Erfahrungswert war. Alsdann konnten die Tore, deren Ständer dem abströmenden Wasser nur geringe Angriffsfläche boten, geöffnet und den Schiffen, die bis dahin festgehalten worden waren, die Durchfahrt gestattet werden. Die talwärts fahrenden Schiffe fuhren auf dieser Welle flussabwärts. Die zu Berg fahrenden Schiffe wurden gegen den Strom der sich in die untere Haltung ergießenden Welle in die obere Haltung gezogen.

Der plötzliche und heftige Wassersturz der mit der unteren Haltung sich ausgleichenden oberen Haltung griff die Ufer der in vielen scharfen Windungen fließenden Stecknitz an, verschärfte und flachte sie ab. Da die Ufer nicht durch Dämme eingefaßt waren, wurde die Gegend unterhalb einer Schleuse bei ihrem Öffnen jedesmal unter Wasser gesetzt. Hierdurch wurde der flache Flußlauf zunehmend versandet, so daß im Laufe der Jahrhunderte viele Stellen infolge der Auskolkungen seicht wurden, auf denen die Schiffe aufsetzten, bevor sie ihr Ziel, die nächste Schleuse, erreicht hatten.

Deshalb wurde, nachdem die durchfahrene Stauschleuse schon wieder geschlossen war, in das Unterwasser häufiger (etwa 2 bis 3 mal) Wasser nachgeschickt, um den

¹⁾ Wie Behrens in seiner „Topographie des Stecknitzkanals“ darlegt, hätte sich die zweite Stauschleuse (Erichenschleuse) nahe der Oberschleuse durch Tiefergraben der Sohle vermeiden lassen.

Wasserstand der unteren Haltung vorübergehend anzuschwellen. Auf diesen „Schwellungen“ von etwa 80 cm Höhe kamen die Schiffe mit großem Zeitverlust von einer Schleuse zur nächsten.

Nach Hogrewe betrug die bei einer Durchschleusung verbrauchte Wassermenge $\frac{1}{4}$ des den Schiffen nachgesandten Schwellwassers. Die Aufstauung der unteren zu durchfahrenden Flußstrecke durch wiederholte Schwellungen geschah auf Kosten der oberen Haltung, die dadurch fast ganz ausgeleert wurde. Die folgende Durchfahung erforderte den vollen Ersatz des bereits abgeflossenen Wassers.

Abb. 15 und 16 zeigen die Anordnung der Stauschleusen der Stecknitzfahrt. Die Torrahmen (Schleusenhecken genannt) entsprechen den Teildämmen bei der ständig offenen Durchfahrt (vgl. Abb. 3 u. 4), mit dem Unterschiede, daß die Torrahmen beweglich, während die Teildämme fest sind. Durch die beweglichen Torrahmen wird die schiffbare Breite des Durchlasses vorteilhaft vergrößert, damit das gleichzeitige Durchschleusen mehrerer Schiffe ermöglicht und auch der Wasser-

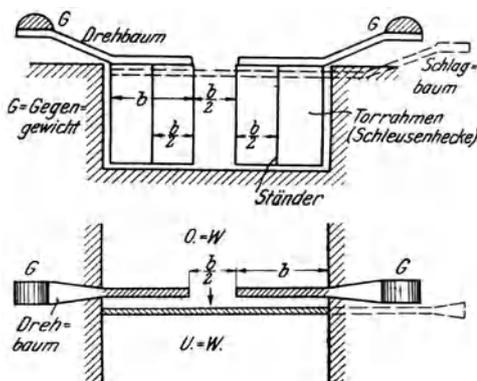


Abb. 15 u. 16. Anordnung der Stauschleusen für die Stecknitzfahrt.

sturz ermäßigt, da der Ausgleich zwischen zwei Haltungen durch einen größeren freien Querschnitt stattfindet. Um die Torflügel (Schleusenhecken) gegen den abfallenden Strom öffnen zu können, wurden die Schütten, die im geschlossenen Zustande die Torbekleidung darstellten, von dem gleichzeitig als Brücke dienenden Schlagbaum, gegen den sich die Torrahmen legten, hochgezogen. Erst hierauf wurden die beiden Torrahmen und der Schlagbaum geöffnet und die Durchfahrt frei.

Die Durchfahrt der Schiffe auf dem mit großer Wucht abschießenden Strom und das Hochziehen der Schüttenbretter waren für Schiffer und Schleusenwärter gefahrvoll; für erstere besonders dort, wo der Strom gleich unterhalb der Schleuse seinen Lauf änderte. Auf der Stecknitz war die Durchfahrt durch die erste (stromaufwärts liegende) Donnerschleuse die gefahrvollste. Um den hohen Wasserfall und damit die Gefahren der Durchfahrt zu mindern, wurde die zweite (kleine) Donnerschleuse nur 192 m unterhalb der ersten angelegt. Sie wurde jedoch nur gebraucht, wenn der Flußlauf unterhalb der Schleuse nicht mit Kraut bewachsen war, weil alsdann das Unterwasser bei dem vorhandenen Zwischengefälle nach der nächstfolgenden (der Berkenthiner) Schleuse zu schnell abließ, weshalb die seichten Stellen dieser Flußstrecke der Schifffahrt gefährlich wurden. Die Stauwirkung der Krautpflanzen erlaubte also die zeitweilige Außerbetriebsetzung der zweiten Stauschleuse.

Diese dicht aufeinanderfolgenden Stauschleusen, zwischen denen der zeitweilige Wasserspiegelausgleich mit dem Ober- und Unterwasser geregelt wurde, sind die Vorläufer unserer heutigen Schleppzugschleusen und sind in ihrer Wirkungsweise nichts anderes als eine Kammerschleuse, mit dem wesentlichen Unterschiede, daß ihr einziger Zweck die Gefällsüberwindung und nicht die Wassersparnis ist. Die Entfernung der beiden Stauverschlüsse war allein durch die Örtlichkeit bestimmt und so groß, daß der Wassersturz der oberen Schleuse der unteren

nicht gefährlich wurde. Die Schiffe fuhren bei angenähertem Wassergleichstand ein und mit der in die untere Haltung sich ergießenden Wasserwelle aus.

Die durch die Fahrt auf Schwellungen bedingte Wasserverschwendung machte die Schifffahrt zur Gruppenschifffahrt, d. h. es sammelten sich für jede Durchschleusung 8—12 Schiffe an.

Die Gruppenschifffahrt — im Gegensatz zur Einzelschifffahrt bzw. Einzelschleusung — war bestimmend für die Größe und Form der beiden Hahnenburger Kistenschleusen. Sie hatten zusammen ein Gefälle von rund 4,5 m, zu dessen Überwindung in der Kammer am Oberhaupt ein steiler Abfall (Fallmauer) von etwa $2\frac{1}{4}$ — $2\frac{1}{2}$ m Höhe war. Nähere Einzelheiten über die ursprüngliche Form dieser Kistenschleusen sind nicht bekannt. Es ist nicht ausgeschlossen, daß sie, wie der Name sagt, wirklich die Form einer Kiste hatten, die frei stand und deren Seitenwände nicht mit Erde hinterfüllt waren, wie sie Fäsch uns in verschiedenen perspektivischen Abbildungen zeigt (Abb. 17 u. 18).

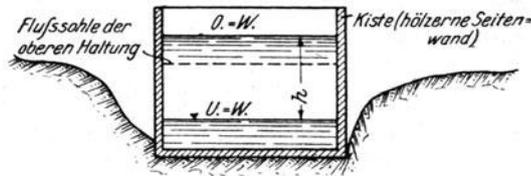


Abb. 17.
Querschnitt einer hölzernen Kistenschleuse.

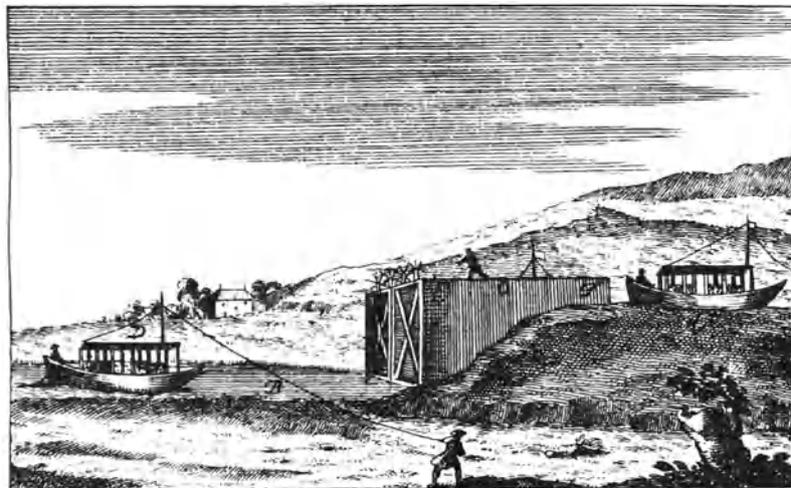


Abb. 18. Hölzerne Kistenschleuse.

Die Hahnenburger und die Buchhorster (Palmer) Schleuse werden — nach Dr. ing. P. Rheder — bereits 1448 von den übrigen Stauschleusen unterschieden. Sowohl nach Belidor als auch nach Hogrewe, Woltmann und Rheder haben die Schleusen des 1398 vollendeten Stecknitzkanals trotz mehrmaliger Erneuerung ihre ursprüngliche Form beibehalten, so daß die Erbauungszeit der 1448 erstmalig erwähnten Kistenschleusen mit zuverlässiger Sicherheit auf 1390 bzw. 1398 festgelegt werden kann, und zwar allein auf Grund der Örtlichkeit. Bei dem auf kurzer Strecke zu überwindenden Gefälle von rund 5 m ist der Abstieg vom Delvenau-graben, der die nur durch spärliche Zuflüsse gespeiste Scheitelstrecke des Kanals bildete, ohne jene Gefällschleusen nicht denkbar, weshalb ihre Anlage von vorn-

herein unumgänglich gewesen sein dürfte, um auch den Abfluß der Scheitelstrecke bzw. einen nicht ersetzbaren Wasserverbrauch beim Durchschleusen zu verhindern. Im 17. und 18. Jahrhundert wurden die Kistenschleusen sowie die Palmschleuse bei Lauenburg durch Steinbauten ersetzt; sehr wahrscheinlich erhielten sie damals statt der Kisten- die Kesselform, da die gewölbte Linienführung die für das Baumaterial (Stein, im Gegensatz zu Holz) günstigere Form war. Die Kesselform gestattete zudem bei den größeren Baukosten der steinernen Schleusen, kürzere Seitenwände und, bei entsprechend größerer Breite, dennoch die durch die Gruppenschiffahrt bedingte gleichzeitige Aufnahme von 8—12 Stecknitzschiffen.

Die Schleusen der Alsterfahrt.

Nähere Angaben sind auch von der auf der Alsterfahrt erbauten Schleuse bei Mellenburg überliefert, von der Woltmann sagt: „Diese muß als eine Fang- oder Doppelschleuse betrachtet werden; es sind nämlich zwei Stauschleusen mit einem Becken dazwischen, von der Größe, daß es 20 Alsterschiffe fassen kann, welches die größte Anzahl ist, die sich auf einmal versammelt.“

Die Stauschleusen der Mellenburger Fangschleuse („Fangen“ im Sinne des Wasserauffangens) waren ähnlich den auf der Stecknitz erbauten. Sie hatten jedoch abweichend von diesen oben eine Balkenlage, um die Seitenwände auseinander zu halten. Dadurch hatten sie den Nachteil, daß die Schleusenwände, deren oberer Teil aus Holz, also am vergänglichsten war, höher geführt werden mußten, und daß die Schiffe bei angeschwollenem Wasser festfuhren. Bei den Schleusen der Alsterfahrt — der Mellenburger und der Fuhlsbütteler Schleuse — lagen die oberen und unteren Schleusenschwellen in gleicher Höhe, so daß sie nichts anderes als den durch zwei Stauschleusen abgegrenzten Teil des Flußlaufes darstellten und den Zweck hatten, den Wasserstand zu halten und an Wasserverbrauch zu sparen, im Gegensatz zu den doppelten Stauschleusen auf der Stecknitz, die als Gefällschleusen anzusprechen sind.

Die Alsterschiffahrt besteht nach Woltmann seit 1325 und nach einer Vermutung von Büsch bereits seit 1259.

Während sowohl die Stecknitzschleusen als auch die Mellenburger und Poppenbütteler Schleuse auf der Alster mit hochziehbaren „Schütten“ ausgerüstet waren, weist die Fuhlsbütteler Schleuse bereits zwei Paar „büskierte“ Torflügel (Stemmtore) auf, die dicht verkleidet und nur mit kleinen, durch Getriebe und gezahnte Stangen zu öffnende Zapfschützen versehen waren. Sie diente nur zur Durchfahrt der Schiffe und nicht wie die übrigen Stauschleusen zum Durchfluß des Stromes, weshalb die Mellenburger und Poppenbütteler Schleuse mit Schütten zugesetzte Türen hatten, die, nachdem die Schütten herausgezogen, d. h. die Bekleidung entfernt war, im Gegensatz zu den Stemmtoren gegen den Strom geöffnet werden konnten.

Es liegen keine Angaben vor, woraus hervorgeht, daß die Zweiteilung der Mellenburger und Fuhlsbütteler Schleuse erst später stattgefunden hat, so daß das Baujahr auf 1325 bzw. nach Büsch auf 1259 zurückgeführt werden kann.

Die Saaleschiffahrt.

Wie auf der Stecknitz, so hatte auch auf der Saale der Salzhandel frühzeitig zur Schiffbarmachung des Flusses geführt. 1152 erteilte Erzbischof Wichmann ein Privileg, „mit einem Schiffe Salz zu verschiffen“. 1336 bestanden bereits Schleu-

sen auf dem Saalestrom, die vom Deutschen Ritterorden, dem wir auch die um 1300 ausgeführten Weichselregulierungen verdanken, erbaut waren. Da die Schleusen von Holz waren, wurden sie bald wieder durch Hochwasser und Eisfahrten zerstört, wodurch die Schifffahrt stockte.

In einem Privileg des Kaisers Karl V. vom 21. Oktober 1530 an den Erzbischof Kardinal Albrecht wird von zu engen „Durchfahrten oder Schleusen gesprochen, die er erweitern und zur Schifffahrt tauglich machen könne.“ Die 1545 eingeleiteten Verhandlungen wegen der Eröffnung einer freien Elbschifffahrt bis nach Hamburg mit den Städten Hamburg, Magdeburg und Lübeck u. a. scheiterten.

Am 2. November 1539 errichtete Erzbischof Sigismund mit dem Fürsten von Anhalt einen Vergleich wegen der Erbauung einer Schleuse zu Bärenburg, deren Kammer die Kesselform hatte und durch zwei Paar Stemmtore geschlossen war. 1569 fing die Schifffahrt durch diese Schleusen selbst an. Bis zum Bau der steinernen Schleusen (der Bärenburger und der Calbischen) trieb man die eingangs beschriebene Teilstreckenfahrt.

Historisches Ergebnis mit Zusatz über den Deutschen Ritterorden.

Das historische Ergebnis für Deutschland ist folgendes: Es reichen zurück:

1. Der Sielbau bis etwa 1100, wie in Oldenburg, dessen zahlreiche Siele der Entwässerung und der Schifffahrt dienten.
2. Der Bau einfacher Schifffahrtsschleusen (Stauschleusen): auf der Alster bis 1259 bzw. 1325 und auf der Stecknitz bis 1336.
3. Der Bau doppelter Stauschleusen auf der Alster bis 1325 (vermutlich). Der Zeitpunkt der Zerteilung der Stauschleusen auf der Stecknitz ist nicht bekannt.
4. Der Bau von Kistenschleusen auf der Stecknitz bis 1390 bzw. 1398.
5. Der Bau von steinernen Kammerschleusen als einheitliches, zusammenhängendes Bauwerk auf der Saale bis 1569. Ihre Grundform ist die eines Kessels.

Der gleichzeitige Beginn des Baues von Schleusen auf der Stecknitz und auf der Saale läßt es nicht unwahrscheinlich erscheinen, daß der deutsche Ritterorden, der die Saale 1336 durch Schleusen schiffbar machte, auch die Stecknitz und die Alster zur Schifffahrt regulierte.

Mehr noch als die fast übereinstimmende Ausbildung der Stautore auf der Stecknitz und auf der Alster — die der Saaleschleusen sind nicht überliefert — spricht der damalige rege und durch die um 1300 mächtige und blühende Hansa gestärkte Salzhandel zwischen Halle, Magdeburg, Hamburg und Lübeck dafür, daß die Flußregulierungen zur Schaffung eines zusammenhängenden Schifffahrtsnetzes auf eine einheitliche Idee des Deutschen Ritterordens zurückzuführen sind. Vermutlich gehören auch die von ihm im Weichselgebiet um 1300 ausgeführten Stromregulierungen und der fast zu gleicher Zeit — in der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts — unter Karl IV. begonnene (aber nicht zu Ende geführte) Kanal zwischen Donau und Moldau, sowie die bereits seit 1337 unter König Johann von Böhmen durch Wehrbauten erreichte Regulierung des von Salzschiffen befahrenen Oderstromes dazu.

Technisches Ergebnis.

Das technische Ergebnis ist für Deutschland:

1. Die Schifffahrt hat sich als Flußschifffahrt entwickelt und zwei Entwicklungsstufen durchgemacht:
 - a) die schleusenlose Schifffahrt als Teilstreckenschifffahrt;
 - b) die Schifffahrt mit Schleusen. Sie hat im wesentlichen gleichfalls zwei Entwicklungsstufen durchgemacht:
 - α) als Fahrt auf Schwellungen, d. h. Fahrt in strömendem Wasser mit Stauschleusen;
 - β) als Fahrt auf Stauwasser, d. h. Fahrt in stehendem Wasser mit doppelten Stauschleusen (Kammerschleusen).
2. Hierbei ist an Stelle der älteren, sich aus der Fahrt auf Schwellungen ergebenden Gruppenschifffahrt in späterer Zeit die Einzelschifffahrt getreten, entsprechend dem allmählichen Übergang von aus kurzen Flußstrecken gebildeten, unvollkommenen zu einheitlich durchgebildeten Kammerschleusen.
3. Die drei Arten von Schifffahrtsschleusen der älteren Zeit sind:
 - a) Die einfachen und doppelten Stauschleusen; letztere entsprechen unseren heutigen Schleppzugschleusen. Der zwischen ihnen liegende Flußlauf dient als Kammer, in der der zeitweilige Wasserspiegelausgleich reguliert wird.
 - b) Die Kisten- oder Kastenschleusen. Sie waren freistehende hölzerne Bauwerke (Kisten), deren Seitenwände meist nicht mit Erde hinterfüllt waren.
 - c) Die älteren steinernen Kammerschleusen, die Kesselform hatten, um mehrere Schiffe gleichzeitig in einem kurzen, aber breiten Behälter aufnehmen zu können.
4. Die ursprüngliche Aufgabe der doppelten Stauschleusen war anfangs die gleiche wie die der einfachen Stauschleusen, nämlich die Gefällsüberwindung. Die Ausschaltung der mit dem Durchfahren auf der abstürzenden Stauwelle für Schiffer und Schleusenwärter verbundenen Gefahren ist allein die Ursache, die zur Verdoppelung der Stauschleusen führte, indem dadurch die Fahrt auf strömendem Wasser durch eine Fahrt auf Stauwasser in zunehmend vollkommener Weise ersetzt wurde.

Der Übergang von der einseitig (unterhäuptig) geschlossenen Muschelschleuse (Conca) in Italien zur Kammerschleuse.

Allgemeines.

Die älteren zuverlässigen Nachrichten über den Bau künstlicher Wasserstraßen (Kanäle) und Schleusen in Italien finden sich im Archiv zu Chiaravalla und sind von den Mönchen des dortigen Klosters aufgezeichnet worden. Es steht fest, daß Italien — wie Holland — seine Kanäle anfänglich nur zur Bewässerung anlegte und sie auch vielfach zum Treiben der Mühlen ausnutzte.

Die Schiffbarmachung von Flüssen reicht wenigstens bis etwa 1190 zurück. Jedoch sind die daran geknüpften Versuche, wie z. B. die von Lecchi, Zendrini, Frisi, Brusschetti, die damals erbauten Schleusen als Kammerschleusen nachzuweisen, wissenschaftlich nicht einwandfrei.

Die Schleuse zu Governolo (1188 und 1394).

1188—1198 baute Alberto Pitentino, um den Mincio bei Governolo zu sperren, eine Schleuse, die nach Bertazzolo aus mehreren, in den Hohlkehlen zweier Pfeiler senkrecht geführten Balken bestand, die nacheinander aufgehoben und beim Schließen wieder eingesetzt wurden. Später brachte man Türen an, die man nach Art der Falltore der Städte oder eines Schlosses in den Fugen hochzog oder hinabließ. Es handelte sich also um einen einfachen Schiffsdurchlaß, dessen Durchfahren schwer und gefahrvoll war.

1394 wurde die Schleuse durch Francesco Gonzaga „in zwei geteilt“. Ob mit dieser Zweiteilung der Verschuß gemeint ist oder ob und in welchem Abstand eine zweite Schleuse nach Art der ersten angelegt wurde, ist nicht überliefert. Die Möglichkeit, daß wir hier dieselbe Erscheinung der Anlage zweier Stauschleusen, die zusammen als Kammerschleuse wirken (wie auf der Stecknitz und Alster), haben, ist jedoch sehr wahrscheinlich.

Die Schleuse zu Strà bei Padua (1481).

Zendrini erwähnt eine Schleuse zu Strà bei Padua, die von den Brüdern Dionisio und Piedro Dominico aus Viterbo 1481 erbaut worden war. Er fand in einem Privatarchiv die Angaben, „daß die Brüder ihre Anlage so einrichten wollten, daß die Schiffe und Nachen das Wehr (chiusa) bei Strà ohne Gefahr überfahren könnten, da das Wasser mit Leichtigkeit abgelassen werden solle und man weder genötigt sein würde, die Schiffe zu entladen, noch sie heraufzuziehen“ (che le barche e burchi potranno per la Chiusa di Strà senza pericolo, operando in modo che le acque usciranno con facilità, e senza esser obligate a scariare, e senza essa tirate). Hieran knüpften die Brüder die Bedingung, daß die Erfindung ihr Eigentum bleibe. Dieselbe Schleuse wird vor Zendrini bereits von Vittorio Zonca erwähnt. Zendrinis Folgerung auf eine Kammerschleuse wird auch von Paolo Frisi nicht anerkannt, nach dessen Ansicht sie eine unvollkommene Kanalschleuse gewesen sei. Wahrscheinlich war es eine Muschelschleuse (conca), die damals die in Italien überwiegende Schleusenart war (Abb. 19). Über die Art und Beschaffenheit der Anlage ist nichts gesagt. Dagegen erfahren wir aus dieser Nachricht, daß man in früheren Zeiten die Schiffe entladen oder sie heraufgezogen hat; mit anderen Worten: die Vorläufer der Schifffahrt ohne Schleusen sind in Italien die gleichen wie in Deutschland und in Holland.

Die Schleuse zu Viarena (1388).

Nach Dokumenten im Archiv zu Chiaravalla legten 1388 die Ingenieure Filippo da Modena und Fioravante da Bologna die Idee zum Bau der Schleuse zu Viarena (Conca de Viarena), die jedoch erst 1439 ausgeführt und vornehmlich zum Transport des Marmors zum Mailänder Dom benutzt wurde, so daß man sich 51 Jahre ohne Schleuse behalf. Aus einem Dokument vom Jahre 1400 geht hervor, daß die Schifffahrt nur zwei Stunden vor dem Abend und an bestimmten Tagen stattfand. Hierbei wurden alle Mündungen zur Bewässerung vom Navilio verstopft und das Wasser durch ein Schütz (una chiusa eù tavole) vom Navilio grande unterhalb eines kleinen Sees (laghetto Vecchio) zurückgehalten. Von dem Laghetto Vecchio ergoß sich das Wasser in die Vettabia, die, solange das Schütz geschlossen war, nicht mehr bewässern konnte. Da das Schütz geschlossen war, konnten die Schiffe nicht weiter und sammelten sich auf dem Laghetto Vecchio an. Wir haben auch hier wie in Deutsch-

land die gleiche Erscheinung der durch die Wasseransammlung bedingten Gruppenschiffahrt.

Erwähnt sei noch ein älterer Bau einer Muschelschleuse (conca) aus der Lebensbeschreibung des Filippo Maria Visconte durch Pietro Candido Decembrio um 1420: „Meditatus est et aquae rivum, per quem ab Abiate ad Viglivanum usque sursum veheretur aquis altiora scandentibus machinarum arte, quas conchas appellant.“

Die 1439 erbaute „Conca“ zu Viarena wird auch 1448 gelegentlich der Zahlung des Schifferzoll und des Fischfanges erwähnt, wofür die Muschelschleuse zu unterhalten und der Kanal unter der Mauer der Stadt zu reinigen, das Kraut in dem die Stadt umgebenden Graben, soweit darin Schiffe verkehrten, zu schneiden war.

Ohne Frage bestanden zu jener Zeit mehrere Schleusen in und um Mailand, das von den Gewässern der Etsch, die unter dem Namen des Tesinello dahin kamen, durchströmt oder unter den Namen Vedra, Canterana, Nirone, Vettabbia und Redefosso umflossen wurde. So werden 1445 die unter Filippo Maria Visconte erbaute „Conca inferior navigii ducalis“ sowie die Schleusen zu Vercellina und Giovio und 1471 die „Conche“ zu Gorla im Naviglio piccolo erwähnt. Die Schleusen zu Vercellina und Giovio verhinderten den Abfluß der Gewässer der Vettabbia.

Im öffentlichen Archiv werden in einem Buch „Dati et accepti“ vom Jahre 1438 ständig die Ausgaben für die herzoglichen Arbeiten, den neu angefangenen Kanal und die Schleusen, „welche das Wasser steigen oder fallen machen“ (pro faciendo crescere et decrescere aquam) genannt. Daß jene Art Schleusen damals ganz neu war, muß aus der Angabe geschlossen werden, daß ihre Wirksamkeit in einem Nebkanale (Redefossino) erprobt wurde.

Die Kenntnis dieser in der Wasserbauliteratur des 17. Jahrhunderts bis auf unsere Zeit vergessenen Muschelschleuse (conca) ist historisch und technisch gleich bedeutsam.

Historisch insofern, als doppelt geschlossene, d. h. Kammerschleusen, vor jener Zeit (1420) in Italien nicht bekannt waren.

Technisch dadurch, daß die Muschelschleuse (conca) die natürliche Grundform der Kammerschleuse, und zwar eine einseitig (unterhäuptig) geschlossene Kammerschleuse ist. In weiterer Beziehung ist die Muschelschleuse auch der Vorläufer der Schachtschleuse.

Der durch die 1439 erbaute Schleuse zu Viarena erreichte Vorteil war nicht allein die Überwindung und Mäßigung des Wasserfalles, sondern auch die Möglichkeit, die Schiffe bis in das Innere der Stadt leiten und sie in der Stadt be- und entladen zu können.

Diese und die in der „Topographia Italiae“ gemachte Angabe, daß das Schiff „mit allem, was darin ist“ gesenkt wird, kennzeichnet den bedeutenden Fortschritt gegenüber den älteren Einrichtungen, Schiffahrtshindernisse durch Umladen der Güter (Teilstreckenfahrt) oder durch Überziehen des Schiffes über den Damm zu überwinden.

Einrichtung, Betrieb und Vergleich der Muschelschleuse mit der Kammerschleuse.

Die Einrichtung einer Muschelschleuse (conca) zeigt Abb. 19—21. Die perspektivische Darstellung (Abb. 19) wurde Merians „Topographia Italiae“ entnommen, die mit der älteren Abbildung bei Joseph Furttentbach übereinstimmt. Er

fand diese Art Schleusen bei Padua auf der Brenta und zwischen Bologna und Ferrara auf dem Reno, wo 9 derartige Muschelschleusen, die er als „sonderbare Abfäll, cunchi oder stagni“ bezeichnet, die Schifffahrt ermöglichten. Furttenbach gibt folgenden Schleusungsvorgang:

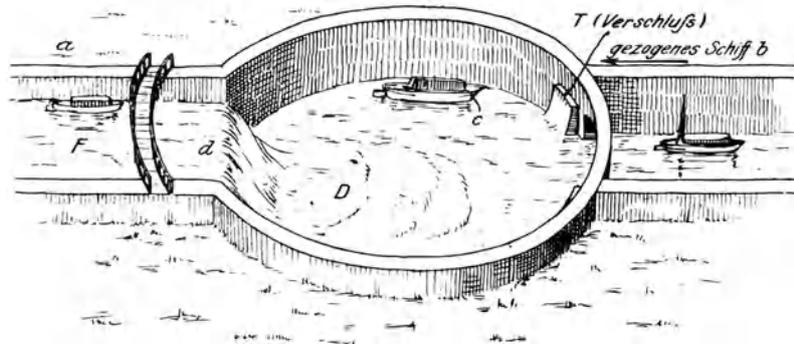


Abb. 19. Muschelschleuse in Strà bei Padua. 1481.

„Damit das von Bologna kommende Schiff *a* den Abfall *d* gefahrlos abfahren kann, werden die beiden Türen an dem eingemauerten Oval geschlossen. Der Kessel (oval) kommt in einer halben Stunde mit dem Oberwasser auf gleiche Höhe, und das Schiff fährt ohne Gefahren und Schwierigkeiten ein. Alsdann werden

die Türen durch ein Zugwerk geöffnet, das Wasser ergießt sich in den unteren Kanal und setzt das Schiff mit allem, was darinnen ist, allgemach hinab, bis daß es durch die Türen hinausfahren kann. Das von Ferrara kommende Schiff *b* fährt (mit niedergelegtem Segelmast) durch die Türen ein und wird in die Lage *c* gebracht, um frei vom Wasserfall zu liegen. Die Türen werden geschlossen, der Kessel füllt sich, das Schiff hebt sich mit und kann ausfahren.“ In dem Kessel können drei Schiffe auf einmal gehoben oder gesenkt werden. Man vergleiche auch die Darstellung von Leonhard Chr. Sturm, der

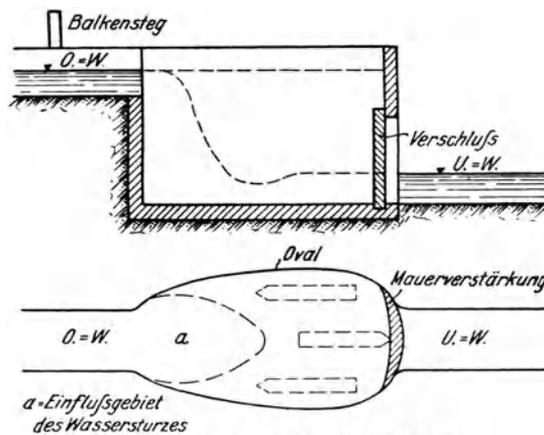


Abb. 20 und 21. Muschelschleuse.

den Kessel als „runde See der Schleuse“ bezeichnet.

Vorstehende Beschreibung kennzeichnet als Vorzüge der Muschelschleuse gegenüber den älteren Einrichtungen der Schifffahrtsbetriebe offensichtlich:

1. In der Muschelschleuse wird ein zeitweiliger Wasserspiegelausgleich mit dem Oberwasser und Unterwasser geschaffen.
2. Mit dem steigenden und fallenden Wasserspiegel in der Muschelschleuse wird gleichzeitig das Schiff mit seiner Ladung gehoben und gesenkt.
3. Das gefahrvolle Überfahren des plötzlichen Wassersturzes wird durch das allmähliche Heben und Senken des frei vom Wassersturz liegenden Schiffes ersetzt.

Die Gefahren, mit denen die Schiffe Wasserfälle überfahren mußten, sind — wie in Deutschland zur Verdoppelung der Stauschleusen — auch in Italien der ursächliche Grund zur Anlage der Muschelschleuse, deren alleinige Aufgabe es war, das Abfließen des Wassers während der Durchfahrt der Schiffe durch Auffangen des Wassersturzes zu verhindern. Durch Anstauen des Wassers kurz unterhalb des Wassersturzes wird die Gefällshöhe von h auf Null vermindert und so eine zeitweilige Wasserstandsgleichheit erreicht. Die Gefällsverminderung erfolgt allmählich, d. h. auf Kosten der Zeit. Die Zeitdauer ist von der Größe der Gefällshöhe und des zu füllenden Beckens abhängig.

Da die Einrichtung Schiffahrtzwecken dient, kommt für den Abstand des Stauverschlusses vom Wassersturz außer dem Einflußgebiet des Wassersturzes noch die Länge und Breite eines oder mehrerer Schiffe in Betracht, damit diese, frei vom Wassersturz liegend, gefahrlos gehoben und gesenkt werden können. Durch diese Bedingung ist die ovale Muschelform gegeben. Um dem Stauverschluß aus Gründen unvollkommener Konstruktionsmöglichkeit und bequemerer Bedienung eine kleinere Höhe als die des Gefällsunterschiedes geben zu können, ließ man das Mauerwerk über der Durchfahrtsöffnung bestehen. Die Muschelschleusen jener Zeit waren also einseitig geschlossene Schachtschleusen.

Die durch den Wassersturz am Oberhaupt bedingte Muschelform war für jene Zeit insofern vorteilhaft, als man gleichzeitig mehrere Schiffe schleusen konnte. Die mangelhafte konstruktive Durchbildung des Verschlusses und seiner Bewegungsmechanismen gebot von selbst die Einschränkung einer häufigeren Benutzung, um beides nicht vorzeitig zugrunde zu richten und bei Ausbesserungen die Schiffahrt für längere Zeit unterbrechen zu müssen, wozu das Verlangen, das schwierige Öffnen und Schließen — in strömendem Wasser — durch gleichzeitiges Schleusen mehrerer Schiffe tunlichst zu vermindern, nicht unerheblich beigetragen haben mag.

Die Muschel- und Kammerschleusen haben folgendes gemein:

1. die Abfallmauer zur Überwindung des Sohlgefälles;
2. den Wasserbehälter (die Kammer) und dessen Zweck, durch Füllen und Entleeren
 - a) die Wasserstandsunterschiede zeitweilig auszugleichen, um ein gefahrloses Ein- und Ausfahren der Schiffe zu ermöglichen, und
 - b) die Schiffe mit ihrer Ladung lotrecht zu heben und zu senken.

Ihre Unterschiede sind:

1. Infolge des fehlenden Verschlusses am Oberhaupt bleibt das Ein- und Ausfahren der Schiffe im Unterhaupt ein solches auf strömendem Wasser, im Gegensatz zur Kammerschleuse, wo es auf Stauwasser stattfindet. Ob Einrichtungen vorhanden waren, um den Wasserausgleich zwischen der Kammer und dem Unterwasser vor dem Öffnen des Verschlusses herzustellen, ist nicht bekannt. Das Öffnen und Schließen des Verschlusses in strömendem Wasser sowie das unbequeme Festhalten und Ziehen der Schiffe gegen den Strom waren Nachteile, die zur Anlage des zweiten Verschlusses am Oberhaupt führen mußten.
2. Der Wasserverbrauch der Muschelschleuse ist um die Wassermenge, die während der Zeit des geöffneten Unterhauptverschlusses ungehindert vom Ober- zum Unterwasser durchfließt, größer als der der Kammerschleuse, da der Zufluß vom Oberhaupt nicht abgesperrt ist.
3. Das Einflußgebiet des Wassersturzes (a in Abb. 21) ist ein für die Schiffahrt

verlorener Raum, der den Wasserverbrauch um die ihn füllende Wassermenge erhöht.

1 bis 3 erfordern einen größeren Zeitaufwand als die Kammerschleuse. Größerer Wasserverbrauch und Zeitverlust sind die Nachteile der Muschelschleuse gegenüber der Kammerschleuse. Die Kammerschleuse gestattet den Schiffen eine bequemere Durchfahrt.

Leone Battista Albertis Vorschlag zu einer Kammerschleuse (1452).

Die erste Kammerschleuse mit doppeltem Verschuß erwähnt einwandfrei Leone Battista Alberti. Sein Werk „De re aedificatoria“ überreichte er nach einer Mitteilung in der Fortsetzung der Eusebianischen Chronik schon im Jahre 1452 dem Papste Nikolaus V. Die Beschreibung Albertis lautet: „Duplices facito clausura secto duobus locis flumine / spatio intermissio quod navis longitudinem capiat: ut si erit navis con / scensura cum eo applicuerit: inferior clausura occludatur: aperiatur superior: sin autem erit descensura / contra claudatur superior / aperiatur inferior. Navis eo pacto cum istac dimissa parte fluenti cuchetur fluvio secundo. Residuo aue aquae superior assernabit clausura.“

Die Übersetzung lautet nach Max Theuer: „Mach die Sperren doppelt, indem du den Fluß an zwei Stellen einschneidest und einen Zwischenraum läßt, der die Länge eines Schiffes faßt, so daß, wenn ein berganfahrendes Schiff hier landet, die untere Sperre geschlossen, die obere geöffnet werden muß; ist es aber ein zu Tal fahrendes, dagegen die obere geschlossen und die untere geöffnet werden muß. Das Schiff wird auf diese Weise, wenn dieser Teil des Wassers abgelassen ist, mit dem Flusse bergab geleitet. Das übrigbleibende Wasser wird die obere Sperre aufspeichern.“

Hieraus geht hervor, daß Alberti nur einen Vorschlag für eine Flußkammerschleuse machte, die nach der Beschreibung aus zwei um eine Schiffslänge von einander entfernten einfachen Stauschleusen — entsprechend den doppelten Stauschleusen der Stecknitz- und Alsterfahrt — bestand, um das Schiff in der zwischen den beiden Stauschleusen liegenden Flußstrecke zu heben und zu senken.

Im Vergleich zur Muschelschleuse und den Schleusenformen, wie sie uns durch Zandrini und Leonardo da Vinci überliefert sind, steht der Vorschlag Albertis absichts. Ob der Vorschlag Albertis praktisch ausgeführt worden ist und ob dieser Vorschlag Leonardo da Vinci bekannt war, kann nicht entschieden werden.

Leonardo da Vincis Anteil an der Erfindung und Vervollkommnung der Muschel- bzw. Kammerschleuse.

Leonardo da Vinci beschäftigte sich, wenn man die Überlieferungen zugrunde legt, als erster Italiener eingehend mit der Idee und der praktischen Vervollkommnung der Kammerschleusen.

Aus dem mit zahlreichen Abbildungen versehenen und von Oltrochi beschriebenen Codex atlanticus, dem Abb. 22 entnommen ist, kann man schließen, daß Leonardo folgende drei Einrichtungen neu in Vorschlag gebracht und damit zur Vervollkommnung der Kammerschleuse, d. h. zur Vereinfachung des Füllens und Entleerens und des Toröffnens und -schließens grundlegend beigetragen hat:

1. die Anwendung von Torschützen zum vorherigen Füllen und Entleeren der Kammer und zur wesentlichen Erleichterung des Toröffnens und -schließens;

2. die Anwendung von Stemmtoren, um den Druck des Wassers besser aufzunehmen und ihn gleichzeitig zur Dichtung zu verwenden.
3. die Anwendung von Torangeln, um das Öffnen und Schließen der Tore zu erleichtern;

Durch diese Verbesserungen hat Leonardo da Vinci der Kammer-
schleuse die sich bis in unsere Zeit erhaltene und von den Schiffen
bequem zu durchfahrende sowie leicht zu bedienende **Grundform**

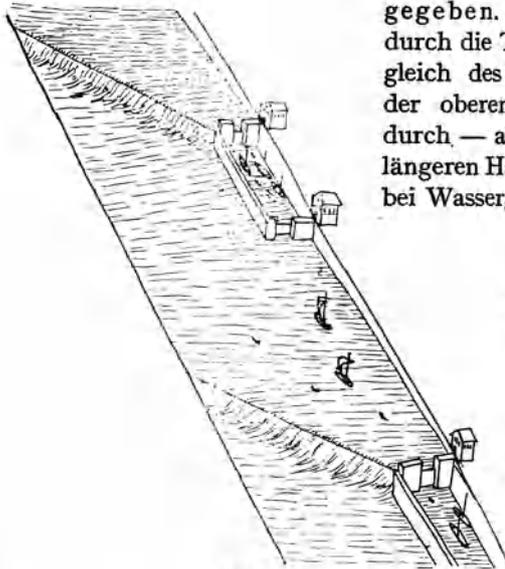


Abb. 22.

Kammerschleuse nach Leonardo da Vinci.

gegeben. Als Hauptfortschritt müssen wir den durch die Torschütze ermöglichten vorherigen Ausgleich des Wasserspiegels in der Kammer mit dem der oberen und unteren Haltung ansprechen, wodurch — abgesehen von der leichteren Bedienung und längeren Haltbarkeit der Tore infolge der Torbewegung bei Wassergleichstand unter Ausschaltung des Oberwasserüberdruckes — besonders der für die in der Kammer liegenden bzw. ausfahrenden Schiffe gefahrvolle plötzliche Zu- und Abfluß aufgehoben und in einen allmählichen umgeändert und die Durchschleusung zu einer solchen auf Stauwasser wurde.

Vergleicht man die — leider nicht durch Zeichnungen belegten — Ausführungen Albertis, der als Verschlusformen das Fallgatter und das Drehtor mit lotrechter drehbarer Spindel und ungleich langen Flügeln sowie die Durchschleusung nur eines Schiffes vorschlägt, mit den

Zeichnungen Leonardos, so erkennt man bei Leonardo da Vinci die vollkommene Selbständigkeit in der Auffassung und Durchbildung; so z. B. die seitliche Lage und Rechtecksform der mehrere Schiffe gleichzeitig fassenden Kammer-
schleuse und die Absperrung des übrigen Teiles des Flußprofils durch einen Querdamm. Da Leonardo da Vinci sich fast ausschließlich schöpferisch betätigt hat, so kann man annehmen, daß er die Idee der Kammer-
schleuse für sich und ohne Kenntnis des Albertischen Vorschlages auf Grund seiner an den Muschel-
schleusen als an „einseitig geschlossenen Wasserbecken“ gemachten Beobachtungen gefaßt und sie bereits sehr vollkommen durchgebildet hat.

Daß auch Leonardo da Vinci das gleichzeitige Durchschleusen mehrerer Schiffe wählte, war durch die damaligen Verhältnisse, wo die Schiffsgefäße sehr klein waren, bedingt. Der geringe Verkehr gestattete unbedenklich sowohl das Warten der Schiffe vor der Schleuse, bis sich eine bestimmte Anzahl eingefunden hatte, als auch den größeren Wasserverbrauch und den längeren Aufenthalt in der Schleuse. Da die Mechanismen zum Öffnen und Schließen der Tore wie auch deren Konstruktion selbst noch sehr mangelhaft waren, so gebot sich auch aus diesem Grunde das gleichzeitige Durchschleusen mehrerer Schiffe, um die Tore seltener bewegen zu müssen. Hierdurch wurde ihre Lebensdauer verlängert und die bei ihrer Reparatur oder Neueinbringung erforderliche Unterbrechung der Schifffahrt hinausgeschoben.

Die Darstellungen über die Muschelschleuse zeigten, daß der Abfallboden die unbedingte Voraussetzung zu ihrer Anwendung für Gefällsüberwindungen war. Die von Woltmann vertretene Ansicht, daß der Abfallboden erst in späteren Zeiten entstanden sei, läßt sich also nur eingeschränkt aufrechterhalten. Der Abfallboden wurde von der Kammerschleuse aus der einseitig geschlossenen Muschelschleuse übernommen¹⁾.

Mit der Einführung des vorherigen Wasserspiegelausgleiches durch Torschütze konnte Leonardo da Vinci die Muschelform verlassen, da die durch den Wassersturz bedingte seitliche Lagerung der Schiffe nunmehr fortfiel. Damit wurde auch das Einflußgebiet des Wassersturzes der Muschelschleuse bei der Kammerschleuse zur Aufnahme von Schiffen frei.

Historisches Ergebnis.

Für Italien ist das historische Ergebnis:

1. Die einseitig (unterhäuptig) geschlossene Kammerschleuse (Muschelschleuse, ital. conca) wird erstmalig 1420 erwähnt. Im Jahre 1439 wurde der Bau der Muschelschleuse zu Viarena ausgeführt. 1445 bestanden bereits zahlreiche Muschelschleusen, die bis zum Anfang des 17. Jahrhunderts die in Italien vorwiegende Schleusenform waren.
2. 1452 wurde durch Leone Battista Alberti der Vorschlag zu einer durch zwei Stauschleusen verschließbaren Kammer-(Schleppzug-)schleuse gemacht. Die Kammer war die zwischen den beiden um eine Schiffslänge auseinander liegenden Stauwerken liegende Flußstrecke. Die praktische Ausführung des für Italien ungewöhnlichen und abseits stehenden Vorschlages Albertis ist nicht überliefert.
3. 1497 bestanden mehrere massive Kammerschleusen, die zum gleichzeitigen Durchschleusen mehrerer Schiffe eingerichtet und von Leonardo da Vinci erbaut waren.
4. Es ist durchaus wahrscheinlich, daß die Einbringung eines zweiten (oberhäuptigen) Verschlusses bei der „massiven“ Kammerschleuse Leonardo da Vinci zuzuschreiben ist.

Technisches Ergebnis.

Das technische Ergebnis ist:

1. Die doppelseitig geschlossene Kammerschleuse ist in Italien aus der einseitig (unterhäuptig) geschlossenen Muschelschleuse (conca) hervorgegangen. Beide erfüllen den gleichen Zweck: Schiffe gefahrlos durch zeitweiligen Wasserspiegelausgleich von einer niederen auf eine höhere Wasserhöhe zu heben und zu senken.
2. Die Kammerschleuse vermeidet die Nachteile der Muschelschleuse und macht die Schifffahrt, und zwar sowohl die Berg- als auch die Talfahrt, bequemer.
3. Die Vervollkommnungen durch Leonardo da Vinci, wie insbesondere die Schaffung eines vorherigen Wasserspiegelausgleiches (d. h. vor dem Öffnen der Tore) gaben der Kammerschleuse bereits um 1500 ideell die ihr auch heute noch eigene Grundform.

¹⁾ Wir finden den Abfallboden auch bei Leonardo da Vinci in Verbindung mit einem Paar Stemmtoren am Oberhaupt dargestellt. Einen Teil der Leonardoschen Zeichnungen enthält Vittorio Zoncas *Novo Teatro di Machine*.

Zusammenfassendes Ergebnis der alttechnischen Geschichte des Schiffsschleusenbaues.

Für den Bau der ersten Kammerschleusen in Europa kommen Deutschland, Holland und Italien in Frage. In den übrigen Ländern ist er jüngeren Zeitpunktes.

Wenngleich der Endzweck, Wasserspiegelunterschiede in einer für die Schifffahrt gefahrlosen und zunehmend bequemeren Weise zu überwinden, in den drei Ländern der gleiche ist, so ist doch die Form des Vervollkommnungsganges in ihnen verschieden, da die Eigenart der Länder den Stauwerken andersartige Aufgaben stellte.

Während die Schleusen Hollands in den Kanälen die schiffbare Wassertiefe zu erhalten hatten, dienten die Schleusen Deutschlands und Italiens vorwiegend zur Schiffbarmachung von Flußläufen, die in Deutschland ein kleineres Gefälle als in Italien haben.

Mit Ausnahme von Holland, von dem wissenschaftlich einwandfreie Belege fehlen oder nicht aufzufinden waren, macht in Deutschland die Wiederholung (Verdoppelung) der einfachen Stauschleuse sowie die durch das Material (Holz) bedingte Eigenform der Kistenschleuse und in Italien die Muschelschleuse (conca), als unterhäuptig geschlossene Kammerschleuse, den eigentlichen Übergang zur Kammer-
schleuse aus; und zwar ist die Muschelschleuse die praktisch vollkommene Vorform.

Die ältesten Baudaten bzw. Nachrichten über eine Schiffskammerschleuse sind:

1. für Holland das Jahr 1203, wahrscheinlich aber 1413. Die einwandfreie Entscheidung über die damalige Bedeutung der Worte „verlaat“ und „kolk of schutthinge“ ist Aufgabe der Sprachforschung;

2. für Deutschland das Jahr 1325 als Baujahr für doppelte Stauschleusen, 1398 bzw. 1448 als Baujahr der ersten Kistenschleusen. Die erste massive (steinerne) Kammerschleuse in Kesselform wurde 1569 gebaut;

3. für Italien das Jahr 1420 für die Muschelschleusen (conca), 1452 für doppelte Stauschleusen (ein Vorschlag von Leone Battista Alberti) und 1497 für die doppelseitig geschlossene, massive Kammerschleuse mit Einrichtungen zum Füllen und Entleeren, wie sie Leonardo da Vinci auf technischer Grundlage erstmalig entworfen und erbaut hatte¹⁾.

Die Erfahrungen an den älteren, sowohl in der alttechnischen Konstruktion als auch im Betrieb noch mangelhaften Schiffsschleusen führten allmählich zu weiteren Vervollkommnungen, deren Ergebnis die Kammerschleuse wurde. Mit anderen Worten: Die Kammerschleuse ist ein empirisch gewonnener Grad der Idee des Problems, Schiffe gefahrlos und bequem zu schleusen. Von einer eigentlichen „Erfindung“ kann demnach nicht gesprochen werden.

Mithin muß der in der Wasserbauliteratur obiger drei Länder lange Zeit geführte

¹⁾ Für die rein historische Geschichtsforschung wäre es eine des Nachforschens werte Aufgabe, zu untersuchen, ob vielleicht infolge des vor 1300 bestehenden Handelsweges Italien—Flandern—England oder infolge des verbreiteten Wirkens des von Italien (Venedig) nach Deutschland übergesiedelten deutschen Ritterordens oder infolge der Handelsbeziehungen der Hansa mit Holland eine Übertragung der Idee eines doppelten Verschlusses, d. h. der Kammer-
schleuse und ihrer Füll- und Entleereinrichtungen, stattgefunden hat.

Das vorliegende wissenschaftliche, historisch nur begrenzte Teilergebnis, wonach der Übergang der Kammer-
schleuse sich erfahrungsmäßig und allmählich und sich daher in Deutschland, Holland und Italien selbständig entwickelt haben dürfte, läßt lediglich die Frage der direkten Übertragung und allein aus ihr erfolgten Ausführung der Kammer-
schleuse offen.

lebhafter Streit über das Vorrecht der Erfindung der Kammerschleuse nach den vorliegenden Ergebnissen wissenschaftlich in folgendem Sinne gezeichnet werden:

1. Eine „Erfindung“ der Schiffskammerschleuse liegt in keinem der drei Länder vor. Nachweisbar sind lediglich allmähliche Vervollkommnungen schiffahrtlich unzureichender Schleusenbauten zu erfahrungsmäßig verbesserten Schleusenformen.

2. Die „Kisten- oder Kastenschleuse“ Deutschlands und in praktisch brauchbarere Form die „Muschelschleuse“ (conca) Italiens stellen einheitliche, in sich zusammenhängende Bauwerke einer Idee dar, der man das Symptom einer „Erfindung“ zuschreiben kann. Ihre „Erfinder“ sind aber nicht genannt und bis heute unbekannt.

3. Die in der durch den Abfallboden gebildeten Muschelschleuse (conca) liegende Grundidee darf, wie auch die der Kisten- oder Kastenschleuse, als eine wirklich ingenieure angeprochen werden.

4. Einrichtungen zum Füllen und Entleeren finden sich erstmalig bei Leonardo da Vinci, dem wir die Kenntnis der Torschütze verdanken, und bei Simon Stevin, der in seinen Schleusengrundriß Umläufe einzeichnete. Umläufe sind fraglos die jüngere Lösung zum vorherigen Wasserausgleich.

Diese beiden Einrichtungen zum Füllen und Entleeren sind die ideell und praktisch grundlegendsten Erfindungen des gesamten Schleusenbaues. Ihr einfacher Mechanismus löste die damals schwierigsten Probleme der Hydrostatik in überraschend einfacher Form.

Die technische Würdigung der Muschel- und Kammerschleuse.

Die umstehende Tabelle gibt eine Übersicht der einzelnen vortechnischen Entwicklungsphasen. Und zwar bestimmte die jeweilige Form des Schleusenstauwerkes die Art des Schiffverkehrs und -betriebes und andererseits wiederum die verschiedenen Entwicklungsphasen des Problems, die Schiffsladung ohne und mit Schiff auf Land- und Wasserpaß zu schleusen.

Wenngleich der Übergang vom Teilstrecken- zum Durchgangsverkehr dadurch, daß der Landpaß durch einen schiffbaren Wasserpaß ersetzt wurde, bereits von seinerzeit einschneidender Bedeutung war, so schuf doch ohne Frage der Übergang von der zeitlich beschränkten zur ständig offenen Schifffahrt, d. h. der Übergang vom Durchschleusen der Schiffe auf fließendem Wasser ohne vorherigen Wasserspiegelausgleich zum Durchschleusen der Schiffe auf stehendem (Stau-) Wasser mit vorherigem Wasserspiegelausgleich (innerhalb der Kammerschleuse) die bis heute vorherrschende Entwicklungsbasis und damit die Möglichkeit, das in sich begrenzte Flußschiffahrtsnetz durch ein ebenso und noch weiter verzweigtes Kanalschiffahrtsnetz zu stärken.

Im Gegensatz zur einfachen Stauschleuse, die das Durchschleusen der Schiffe nur in einer, für die Schifffahrt unzulänglichen Weise gestattete, sind die Muschel- und die Kammerschleuse dadurch die vollkommeneren Schleusengattungen, daß sie die gefahrlose Durchschleusung der Schiffe erzielen.

In der Erfüllung dieser schiffahrtlichen Forderung — Durchschleusung ohne Gefahr für Schiff und Mannschaft — liegt der eigentliche Grundzweck der Muschel- und Kammerschleuse und die Ursache ihres Entstehens.

Die Lösung beruht darin, daß

1. die Durchschleusung statt auf fließendem, auf Stauwasser erfolgt, und

Tabelle der Entwicklungsphasen.

Nr.	A. des Problems, Schiffsladungen ohne und mit Schiff zu schleusen	B. der Art des Schleusenstaueswerkes	C. des Schiffverkehrs	D. des Schiffahrtbetriebes
1	<p>Güter über Land</p> <p>durch zeitweiliges Entfernen der Güter aus Schiffskörper und Umladen in ein anderes Schiff</p> <p>α) ohne mechanische Hilfsmittel</p> <p>β) mit mechanischen Hilfsmitteln</p>	<p>1 } Ständig geschlossen (Damm, ohne u. mit Kran)</p> <p>2 }</p>	<p>Teilstreckenverkehr</p>	<p>Einzelschiffahrt</p>
2	<p>Schiff auf Landpaß</p> <p>durch zeitweiliges Entfernen von Schiff mit Ladung aus dem Wasser</p> <p>a) durch Ziehen über Land</p> <p>b) durch Rollen über zwei geneigte Ebenen („Rollbrücken“)</p> <p>α) ohne mechanische Hilfsmittel</p> <p>β) mit mechanischen Hilfsmitteln</p>	<p>Ständig offen (Teildämme und „Rollbrücken“)</p> <p>zeitweilig geschlossen durch lösbar Stauwerke</p> <p>Einfache Stau- Schleuse</p> <p>Unzusammenhängende doppelte Stau- Muschel- Schleuse</p> <p>(Muschelschleuse)</p> <p>Zusammenhängende doppelte Stau- als Kammer- Schleuse</p> <p>mit → Umlauf (Torschütz) ← ohne ohne → Sparanlagen ← mit</p>	<p>Wasser- zeitlich beschränkt (intermittierend)</p> <p>Schleusen- (schiffahrt-) zeitlich beschränkt</p> <p>Durchgehender Verkehr</p>	<p>Gruppenschiff- fahrt</p> <p>Einzel- und Gruppenschiff- fahrt</p>
3	<p>Schiff auf Wasserpaß</p> <p>durch Schleusen des Schiffes mit Ladung</p> <p>a) auf fließendem Wasser ohne vorherigen Wasserspiegelausgleich</p> <p>b) auf stehendem (Stau-) Wasser mit vorherigem Wasserspiegelausgleich und heute wieder ohne vorherigen Wasserspiegelausgleich</p> <p>α) ohne mechanische Hilfsmittel</p> <p>β) mit mechanischen Hilfsmitteln</p>	<p>Ständig offen (Teildämme und „Rollbrücken“)</p> <p>zeitweilig geschlossen durch lösbar Stauwerke</p> <p>Einfache Stau- Schleuse</p> <p>Unzusammenhängende doppelte Stau- Muschel- Schleuse</p> <p>(Muschelschleuse)</p> <p>Zusammenhängende doppelte Stau- als Kammer- Schleuse</p> <p>mit → Umlauf (Torschütz) ← ohne ohne → Sparanlagen ← mit</p>	<p>Wasser- zeitlich beschränkt (intermittierend)</p> <p>Schleusen- (schiffahrt-) zeitlich beschränkt</p> <p>Durchgehender Verkehr</p>	<p>Gruppenschiff- fahrt</p> <p>Einzel- und Gruppenschiff- fahrt</p>

2. die Gefällshöhe als Spiegelunterschied zwischen Ober- und Unterwasser konstant bleibt, indem der Spiegelausgleich nur zeitweilig und nur im Innern der Kammer stattfindet.

1 und 2 bedingen die Zerlegung der vordem schrägen Fahrbahn in eine wage- und lotrechte Bewegungsrichtung von Schiff und Wasser, wobei

3. der auf den Kammerinhalt beschränkte Wasserverbrauch eine durch 1 und 2 bedingte, aber in früheren Zeiten durchaus nebensächliche Erscheinungsform ist, die erst in neuerer Zeit mit steigendem Verkehr — neben der gegebenen Möglichkeit der Gefällsüberwindung — in Form der Wasserersparnis als eine wesentlich maßgebende Forderung an die Kammerschleuse und insbesondere an die Kanalkammerschleuse in den Vordergrund trat.

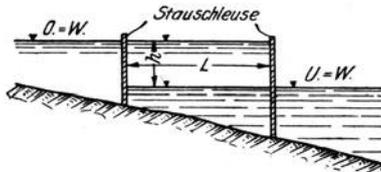


Abb. 23. Wasserspiegelausgleich bei der doppelten Stauschleuse.

Und zwar erreicht die Kammerschleuse die unter 1—3 genannten Vorgänge in vollkommenerer Form als die Muschelschleuse — allein durch die Wiederholung und Übertragung des von der Muschelschleuse am Unterhaupt vollzogenen Prinzips der kommunizierenden Röhren auch auf das Oberhaupt, wobei die Kenntnis der Torschütze als Einrichtung zum vorherigen Wasserspiegelausgleich zur Verdoppelung des Verschlusses und damit zur Befreiung des Schleusungsvorganges vom Strome des Wassers geführt hat.

Der Grad dieser Vervollkommnungen (1—3) besteht grundsätzlich nur in der **zweimaligen** Anwendung des Prinzips der kommunizierenden Röhren und kennzeichnet hierin und in dem Vorhandensein vorherigen Wasserspiegelausgleichs den Fortschritt der Kammerschleuse gegenüber der Muschelschleuse als der natürlichen Grundform der Kammerschleuse.

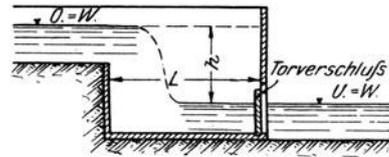


Abb. 24. Wasserspiegelausgleich bei der Muschelschleuse.

Die Wasserersparnis, d. i. die Beschränkung des Schleusungsverbrauchswassers auf den Kammerinhalt, beruht auf der Einschaltung eines Zwischenbehälters zwischen Ober- und Unterwasser zwecks zeitweiligen Wasserspiegelausgleichs. Wesentlich ist hierbei, daß diese Wasserersparnis ursächlich überhaupt nur durch das Zeitweilige des Wasserspiegelausgleichs ermöglicht und nur in Verwirklichung des Prinzips der kommunizierenden Röhren geschaffen wird.

Abb. 23 und 24 zeigen die unterschiedliche Art, in der der Wasserspiegelausgleich bei der doppelten Stau- und bei der Muschelschleuse erreicht wird: was der einen der obere Verschuß, ist der anderen die Abfallmauer. Beide bilden mit dem unteren Verschuß den Behälter, die Kammer.

Während bei der doppelten Stauschleuse der obere Verschuß zur Bildung der Kammer unerlässlich ist, kommt ein oberer Verschuß der Muschelschleuse, wodurch sie zur Kammerschleuse wird, lediglich einem **Verfeinerungsgrad schiffahrtlicher Bequemlichkeit** gleich, durch den gleichzeitig der Schleusungswasserverbrauch vermindert wird.

Die Zerlegung der schräg abfallenden Bewegungsrichtung (Abb. 14) in eine wage- rechte und lotrechte ist das Ergebnis einer (zeiterfordernden) Arbeitsleistung,

die von der als Fang- und Staubecken wirkenden Kammerschleuse vollzogen wird und das Wesen der Kammerschleuse als Maschine — sie ruft die Bewegung von Massen hervor — ausmacht.

Die Durchgangskammerschleuse.

Der Zeitverlust, den die Schifffahrt beim Durchschleusen erleidet, ist das Hindernis aller Einrichtungen schiffbarer Gefällsüberwindung — Kammerschleuse, Hebewerk, geneigte Ebene usw. — und entfällt zum weitaus größten Teil auf das verlangsamte Ein- und Ausfahren und den Vorspannwechsel. Nach dem heutigen Stand der Einrichtungen zum Toröffnen und -schließen, zum Füllen und Entleeren und der zweckmäßig räumlichen Grundrißgestaltung als Einzel-, Schleppzug- oder Schachtschleuse sowie der Lage von Ein- und Ausfahrt — ist mit einer weiteren, wirklich einschneidenden Herabsetzung des schiffahrtlichen Zeitverlustes durch Verkürzung der Durchschleusungszeit absehbar kaum zu rechnen.

Es sei denn, daß die in dem „vorherigen“ Wasserspiegelausgleich liegende Grundidee der Kammerschleuse aufgegeben wird.

Jüngere Bestrebungen sind bereits darauf gerichtet, diesen Schritt zu vollziehen und haben einen — nur skizzierten und noch nicht verwirklichten — kombinierten Schifffahrts- und Schleusenbetrieb entworfen. In dem geplanten Schleusenbetrieb ohne eigentliche Kammerschleuse erkennt der technisch-historische Kritiker eine neuzeitliche Form der alttechnischen Stecknitzfahrt auf Schwellungen wieder und erkennt gleichzeitig als Neues: auffallende Symptome zur Ausschaltung des schiffahrtlichen Zeitverlustes, insbesondere auch beim Ein- und Ausfahren.

Als wesentliche Unterschiede der alten und der entworfenen neuen Fahrt auf Schwellungen sind zu kennzeichnen:

1. Die Fahrt auf den, nach Erfordernis nur unregelmäßig den Schiffen nach gesandten und plötzlich wasserfallartig abschießenden Schwellungen der Stecknitzfahrt wird durch geeignete Verschußformen und regelmäßig mitlaufende Schwellungen zu einer Fahrt auf gleichmäßig ablaufenden und sich allmählich ausgleichenden Schwellungen.

2. Die durch Entfernung der Torbekleidung durch Aufziehen der „Schütten“ gelöste Aufgabe des zeitweiligen Wasserspiegelausgleiches wird hier durch Anheben der gesamten Torkonstruktion erreicht. Sowohl die alte wie die neue Fahrt auf Schwellungen vollziehen also den Wasserdurchfluß in voller Querschnittsbreite, mit dem bestimmenden Unterschied in der allmählichen Vergrößerung: früher der Querschnittsbreite, heute der Querschnittshöhe in voller Breite.

Auf die normale Kammerschleuse bezogen ergibt sich der Unterschied in der gerade heute von Prof. Franzius für neuzeitliche Kanalbauten empfohlenen Übertragung der Aufgabe (Herstellung) des zeitweiligen Wasserspiegelausgleichs, d. h. des Füllens und Entleerens, von den Nebeneinrichtungen, wie Umlauf und Torschütz, auf die Durchfahrtstore selbst. Als geeignete Verschußform, die nicht nur das Öffnen gegen den Überdruck des Oberwassers, sondern die Verwendung der Verschlüsse selbst und in ganzer Breite zum Füllen und Entleeren gestattet, hat man das Segmenttor und das für den Torkanaliserungsentwurf der Werra vorgeschlagene Hubtor gewählt.

3. Wasserspiegelausgleich und Schiffsdurchschleusung erfolgen zu gleicher Zeit und in gleicher Zeitdauer¹⁾. Die Zeitgleiche dieser beiden Faktoren

¹⁾ Die Stauverschlüsse werden in gleichen Abständen und in der maßgeblichen Entfernung angelegt, daß das oben einfahrende und die Haltung ohne Fahrtunterbrechung und -verminderung durchfahrende Schiff den nächstunteren Verschuß in gleicher Zeit erreicht, in der der Wasser-

macht die Durchschleusung zu einer „schiffahrtlich zeitverlustlosen Durchschleusungsfahrt“.

Die Verjüngung einer veralteten, als Fahrt auf Schwellungen bezeichneten Betriebsweise zeitigt also mit Hilfe von inzwischen technisch hinreichend ausgebildeten Hilfsmitteln ein neuzeitliches Schleusungsverfahren. Es schaltet die der alten Stecknitzfahrt eigenen Nachteile (vgl. 1 und 2) aus und läßt (vgl. 3) als voll kommen neues Moment theoretischer Überlegung die Verschmelzung von Schiffahrt- und Schleusenbetrieb, d. h. die Einpassung zweier bisher auseinanderstrebenden Betriebsvorgänge ineinander, entstehen. Hierin, in dem Auffinden (Entdecken) neuer Grundeigenschaften aus alten, aber technisch vervollkommenen Vorgängen, liegt der große Wert technisch-historisch entwickelten Forschens.

Der von Ministerialdirektor Dr.-Ing. Sympher ausgearbeitete Heubachsche Weg, Schiffe nach obiger Anordnung, die als „Durchgangskammerschleuse“ bezeichnet werde, zu schleusen, stellt den ersten Übergang von der Kammerschleuse zur Durchgangskammerschleuse und einen ersten Versuch zur Lösung eines neuen Problems, Schiffe ohne Zeitverlust zu schleusen, dar.

In der praktischen Auswertung der Idee der Durchgangskammerschleuse in ihrer augenblicklichen Entwurfsform ergibt sich als unverkennbares schiffahrtliches Bedenken die auf der gleichen Zeitdauer von Fahr- und Füllzeit beruhende Zwangläufigkeit, mit der der Schiffahrtsbetrieb sich in den Schleusenbetrieb einzufügen hat — statt einer technisch noch zu lösenden, zwanglosen Anpassung des Schleusen- an den Schiffahrtsbetrieb.

Der mithin noch offene Erweis praktischen Wertes der Durchgangskammerschleuse beeinträchtigt nicht die Bedeutsamkeit der in der gedanklichen Entwicklung des Problems der Schiffsdurchschleusung absolut neuartigen Symptome, deren technisch-historische Würdigung nicht übergangen und kurz wie folgt gefaßt werden kann: Der Gedanke der Durchgangskammerschleuse ersetzt den „vorherigen“ Wasserspiegelausgleich, dessen Einführung um 1500 die grundlegende Gestaltung der Kammerschleuse vollzog, heute nach 400 Jahren durch den „gleichzeitigen“ Wasserspiegelausgleich. Er löst die Schleusungsfrage auf dem Wege, daß Schiff und Schleuse ihre Arbeitsleistungen — bei kleinen Gefällsstufen — nicht mehr, wie seither, nacheinander, sondern gleichzeitig vollführen.

In dem Torabstand der Durchgangskammerschleuse erkennt Verfasser als ein bisher unbekanntes Moment das „Temporale“ des Torabstandes. Der „temporale Torabstand“ ersetzt den heute üblichen, nach einer Raumgröße, und zwar nach Länge des Schiffes oder Schiffszuges bestimmten „dimensionalen“ Torabstand und ergibt sich aus den zwei Zeitgrößen Fahr- und Füllzeit.

In dem „temporalen Torabstand“ scheint die einzige Möglichkeit zur vollen Ausschaltung des Schleusungszeitverlustes infolge des Ein- und Ausfahrens der Schiffe (mit Vorspannwechsel) und darin in handels- und schiffahrttechnischer Beurteilung — von allen Nebenumständen abgesehen — das Schwergewicht der praktisch nur bei Schaffung einer schiffahrtlich zwangloseren Betriebsbasis zu verwirklichenden Durchgangskammerschleuse gegenüber allen heutigen Einrichtungen schiffahrtlicher Gefällsüberwindung gegeben.

spiegelausgleich der durchfahrenen Haltung mit der nächstfolgenden, zu durchfahrenden Haltung stattfindet. (Vgl. Sympher und Helmershausen, Schiffbarmachung von Flüssen durch Stautore.)

Die Weiterentwicklung der Kammerschleuse.

Die bisherigen kritisch-technisch-historischen Darlegungen ergeben an Hand der praktisch ausgeführten Stauwerke die Theorie des „Wie“ der Entstehung der Kammerschleuse:

... „Um natürliche Flußläufe mit Schiffen befahren zu können, wurde ihr Abfluß in voller Breite durch feste Stauwerke gesperrt und auf diesen „Teilstrecken“ eine „unterbrochene Schifffahrt“ ermöglicht. Mit der Einführung eines lösbaren Stauwerkes an schifffahrtshinderlichen Gefällspunkten wurde sie zu einer wasserzeitlich beschränkten (intermittierenden) „durchgehenden Schifffahrt“. Für die Schifffahrt waren solche Durchfahrten gefahrvoll und beschwerlich. Um eine gefahrlose Durchfahrt der Schiffe zu erreichen, wurden doppelte, lösbare Stauwerke gebaut.

Sie regelten die Schifffahrt und machten sie zu einer wasserzeitlich nicht beschränkten und bequemeren und wurden mit der Kenntnis geeigneter Einrichtungen zum Füllen und Entleeren zu der heutigen Kammerschleuse ausgebaut, mit dem Zwecke, den Stau (die Begrenzung des Ober- und Unterwassers) durch die zweimalige Anwendung des Prinzips der kommunizierenden Röhren allmählich (gefahrlos) und vorübergehend (zeitweilig) von dem einen Torverschluß auf den anderen zu übertragen.“ ...

Die Kammerschleuse ist eine Transportmaschine und zeichnet sich wie diese durch den hohen Grad der Sicherheit aus. Wie bei jeder anderen Maschine zeigt daher ihre Entwicklung neben stets gewahrter Sicherheit in Anlage und Betrieb und neben den laufenden Bestrebungen auf zunehmende Bequemlichkeit und Erleichterung der Bedienung der Schleuse in allen ihren Teilen — die Erhöhung der Leistungsfähigkeit, d. h. Steigerung der Schnelligkeit, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von Anlage und Betrieb. Wie bei allen anderen Maschinen treten hierbei, sobald eine überlegene Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Zweckmäßigkeit des Betriebes gewährleistet sind, die Kosten der Anlage in den Hintergrund.

Die Kriterien des in der Steigerung des Güterverkehrs wurzelnden Vervollkommnungsganges der Kammerschleuse sind also: Steigerung der Wirtschaftlichkeit und Sicherheit und Beschleunigung des Betriebes.

Die Wirtschaftlichkeit wird zweckmäßig nach Anlage und Betrieb getrennt.

Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Anlage.

Die Kammerschleuse hat wie jedes andere Bauwerk mit wachsender Erfahrung und zunehmenden statischen Kenntnissen eine leichtere, sicherere und elegantere Bauart erfahren¹⁾. Langsam und stetig ist dies vor sich gegangen, wobei nennenswerte Umwälzungen sich nicht vollzogen haben. Ausgenommen die durch Einführung des Portlandzementes ermöglichten größeren Bauwerksabmessungen und

¹⁾ Vgl. Rziha: „Bis um 1600 war der Schleusenbau — wie die Ingenieurbaukunst überhaupt — allein der Ausfluß der Erfahrung, wobei die national-ökonomische berechnende Basis fehlte. Letztere und damit die Ingenieur- und Naturwissenschaft beginnt erst mit Galileo Galilei auf Grund der mathematischen Erkenntnis der physikalischen Gesetze, wobei Galilei sich auf Cordanus, Stevinus und Kopernikus stützt. Der Rüdersdorfer und Lychener Kanal sowie die Schleusenbauten Leonardo da Vincis sind die Vorläufer des ersten, mit den Elementen der Hydraulik konstruierten Kanals zwischen Seine und Loire (1606–24). Seit Galilei wird im Bauwesen mathematisch konstruiert. Es ist zu trennen nach der Konstruktionsberechnung (feste und wissenschaftlich unfehlbare Gesetze) und nach der Geldberechnung (individuell fehlbarer Erfahrungsfaktor).“

Bauausführungen auch im ungünstigen Baugelände und mit Ausnahme der günstigen Eisenkonjunktur um 1900, wo die niedrigen Eisenpreise eine weitgehende Verwendung des Eisens im Schleusen- und Schiffsbau begünstigten, womit gleichzeitig die Tragfähigkeit und die Zahl der Dampfboote (besonders mit Einführung des Verbundsystems für die Schiffsmaschine) zunahm.

Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Betriebes.

1. Durch Verminderung des Schleusungsverlustwassers (durch besser dichtende Verschlüsse einschl. Einführung der Stenmtore und neueren Torarten). Unter den zahlreichen, dem Handbuch der Ingenieurwissenschaften zu entnehmenden Neuerungen zur Lösung der Frage erzielte nur eine, und zwar die Erfindung des Geh. Baurat Dr.-Ing. Hotopp, die absolute Trennung von Ober- und Unterwasser. Sie beruht auf dem im Schleusenwesen für sich stehenden, einzigartigen Gedanken, den Umlauf allein durch die Linienführung¹⁾ zu einer absoluten Trennung von Ober- und Unterwasser zu befähigen und ihn mittels Saugglocke als Heber zu betätigen (vgl. auch „Die Verwendung von Heberschlüssen bei Kammerschleusen“ von Dr.-Ing. Christian Havestadt).

2. Durch Verminderung des Schleusungsverbrauchswassers (Wasserersparnis durch Aufspeicherung). Von überwiegendem Einfluß ist hier allein die Erfindung (der Sparschleuse²⁾) und in Verbindung mit ihr die Erfindung der Schachtschleuse³⁾ geworden. Beide, Spar- und Schachtschleuse, sind wie die Kammerschleuse aus rein örtlichen Verhältnissen entstanden.

Beschleunigung des Betriebes (zur Verkürzung der Durchschleusungszeit).

Durchgreifenden Einfluß erlangte allein die Einführung des Maschinen- und in absolut beherrschender Weise die des unabhängig vom Erzeugungsorte verwendbaren elektrischen Antriebes, der erstmalig um 1900 bei der Schleuse zu Sault St. Marie in Amerika angewandt wurde. (Vgl. Dr.-Ing. W. Gehler, Vergleich zwischen den verschiedenen Betriebsarten von Schleusenanlagen.)

Besondere Beachtung im Schleusenwesen verdienen noch und sind — mit Ausnahme von 1 — als ihm wesentlich eigen anzusprechen:

1. die Anwendung von Gegengewichten, wodurch die Arbeitsleistung auf die Reibungsarbeit ermäßigt wird⁴⁾;
2. die Ausnutzung des Auftriebes zur Gewichtserleichterung und Hervorrufung von Tor- und Schützbewegung;

¹⁾ In der Linienführung überhaupt liegt ein ebenso umfassendes als wissenschaftlich noch zu lösendes Problem hochwertigen Inhaltes. Der Abfallboden der Kammerschleuse selbst muß als solches angesprochen werden.

²⁾ Die 1843 von Dubié erfundene, zwischen Fünis und Ypern erbaute Sparschleuse hatte 6,40 m Gefälle. Da das Gefälle von einer Anhöhe herrührte, legte Dubié auf dem Abhänge des Hügels in verschiedenen Höhen an jeder Seite der Kammer einen Wasserbehälter an und konstruierte hierdurch eine Wasserersparnis von etwa der Hälfte des Gesamtverbrauches.

³⁾ Die erstmalig 1748 vom Polhem und Elvius entworfene Schachtschleuse in dem mit reichlichem Wasserzufluß versehenen Götakanal gebot durch die felsartige Schlucht die Anlegung des unteren Kanals als unterirdische Kanalstrecke nach Art eines schiffbaren Tunnels. Die das Gestein tunnelartig durchbrechende Führung des Unterhauptes gestattete, den Untertoren eine erheblich kleinere Höhe, als es die Gefällshöhe war, zu geben und sie gegen das Mauerwerk des überwölbten Unterhauptes anzulehnen.

⁴⁾ Hierbei ist zu beachten, daß die Verringerung der Widerstände und die Vergrößerung der Kräfte insofern ein und derselben Wurzel entspringen, als beide die gleiche Wirkung haben.

3. die Gefällsausnutzung.

Bei der Ausnutzung der Gefällsenergie ist noch — abgesehen von der Ausnutzung in Form der Wasserersparnis¹⁾ — zu trennen nach indirekter²⁾ und direkter.

Die direkte Gefällsausnutzung zeigt bisher drei Arten:

α) Das Gewicht des Wassers wird direkt zum Antrieb ausgenutzt (Nyholm, Wayer, Dr. Klirr³⁾).

β) Die Gefällsenergie wird zur Erzeugung von Luftunter- und -überdruck wirksam gemacht. Dieses, von Dr.-Ing. Hotopp erfundene Verfahren arbeitet pneumatisch und bezieht erstmalig das Arbeitsvermögen atmosphärischer Druckunterschiede in das Schleusenwesen ein. Seine erste Verwirklichung fand es 1900 an den Schleusen des Elbe-Travekanals.

γ) Die Gefällshöhe wird zum Heben und Senken eines Schwimmkörpers ausgenutzt, indem das auch im eigentlichen Schließvorgang liegende archimedische Prinzip auf Hilfsanlagen übertragen wird. So von Baurat Franke auf die Torbewegung, und als jüngste, noch nicht verwirklichte Erfindung des Architektgenieurs Schneiders (Aachen) auf bewegliche, in einem besonderen Wasserbehälter schwimmende Kammern (Hilfs- oder Ausgleichschleusen). Das Schneiderssche System erreicht die Schließung ohne Schließungswasserungsverlust (Kammerwasserungsverlust⁴⁾).

Die Weiterentwicklung der Kammerschleuse (nach ihrer Entstehung) folgt:

1. der wassertechnischen Forderung auf größtmögliche Wasserersparnis, die zu der Spar- und der ihr verwandten Schachtschleuse⁵⁾ und über Schnapp- von Gerstenbergk zu dem ohne Kammerwasserverbrauch arbeitenden Schleusenausgleichssystem von Schneiders führte, und

2. unter dem Druck sich steigernden Güterverkehrs den beiden schiffahrtlichen Forderungen auf größere Bequemlichkeit und Schnelligkeit des Schließvorganges unter Steigerung des der Kammerschleuse möglichen Sicherheitsgrades.

In der gleichzeitigen Erfüllung dieser einander widerstrebenden Forderungen liegt ein „innerer“ Widerspruch, dessen Lösung — auch

¹⁾ Wasserersparnis und Gefällsausnutzung entspringen gleichfalls einer Wurzel, nämlich der der Wirtschaftlichkeit bezüglich der Energie des Oberwassers.

²⁾ Z. B. durch Turbinen in Verbindung mit Dynamomaschinen, zum erstenmal an der Schleuse Sault St. Marie, ferner zu St. Denis und am Oder-Spreckanal ausgeführt.

³⁾ Nyholm wandelt die aufgespeicherte Wasserkraft direkt in mechanische Arbeitsleistung zur Bewegung von Tor und Schützen um. — Dr. Klirr (Prag) überträgt die von dem Holländer Wayer ersonnenen Fächertore auf den unterhäuptigen Umlauf in Gestalt eines Winkelschützes mit direktem Wasserdruckantrieb.

⁴⁾ Die von den Schiffen durchfahrenen Kammern sind feste, massive Kammern. Teleskopartig ineinander schiebbare Rohre — der dem Verf. unter Nr. 281 600 patentierte Heber mit beweglichem Scheitel besteht gleichfalls aus teleskopartig ineinander schiebbaren Rohren — verbinden die festen Kammern mit zwei Hilfsschleusen, von denen jede in zwei übereinander liegende Ausgleichskammern geteilt ist. Die Hilfsschleusen schwimmen in einem besonderen, massiv begrenzten Wasserbehälter und heben und senken sich bei geringem Überdruck des Oberwassers, um durch Aufnahme oder Abgabe ihres ganzen Kammerinhaltes auf dem Wege durch die Teleskoprohre die eigentlichen (massiven) Schiffschleusen zu füllen oder zu entleeren.

⁵⁾ Die Schachtschleuse ist als geeignete Sonderform der Sparschleuse zur Überwindung großer Gefälle zu nennen. Die geeigneten Ebenen als verjüngte Form der alten „Rollbrücken“ und „Schleppen“ und die Hebewerke einschließlich Tauchschleuse verlassen die Grundidee der Kammerschleuse, die Gefällsüberwindung lediglich durch vorherigen Wasserspiegelausgleich innerhalb einer festen Kammer herzustellen, indem sie statt der festen eine bewegliche Schiffskammer vorsehen.

heute noch — ständig neue Schwierigkeiten des unabgeschlossenen Problems schiffahrtlich vollkommener Durchschleusung zeitigt und in ihrer Erfüllung im wesentlichen die laufende Geschichte des Schleusenwesens¹⁾ ausmacht. Als Leitfaden läßt sie die stete Befolgung des Grundprinzips der gesamten Technik erkennen: die von Schifffahrt, **Handelstechnik** (und Wassertechnik) gestellten Probleme, Schiffe sicher, bequem, schnell, **wirtschaftlich** (und ohne Wasserverbrauch) zu schleusen, fortschreitend im Sinne des (überall herrschenden) Urprinzips vom kleinsten Kraftaufwand zu lösen, unter Heranziehung aller zur Anlage gehörigen als auch der den Betrieb direkt oder indirekt bewerkstelligenden Energieform. Und zwar ist das schiffahrtliche Problem als Wirtschaftsfaktor der Gütersteigerung, ihres Verkehrs und der Schiffsraumausnutzung die ursächlich treibende Kraft, der die wassertechnischen Probleme zu folgen und sie in möglichst vollkommener Weise zu erfüllen haben — nicht umgekehrt.

Zusammenfassung.

Schiffe können mit nur einem Stauverschluß geschleust werden: Stauschleuse ohne (Wasserlöse) und mit Abfallmauer²⁾ (Muschelschleuse). Um sie gefahrlos zu schleusen, wurde ein zweiter Stauverschluß eingebracht. Die Einführung von Nebenanlagen zum Füllen und Entleeren (Umlauf und Torschütz) zwecks „vorherigen“ Wasserspiegelausgleichs machte die Durchschleusung zu einer bequemen.

Aus dem Rahmen vielseitigster Kleinarbeit (im einzelnen vgl. Handbuch der Ingenieurwissenschaften) treten in kritisch-technisch-historischer Würdigung folgende Entwicklungsabschnitte (siehe Zusammenstellung S. 42) hervor.

Mit der Verdoppelung der Stauverschlüsse treten als Nebenerscheinungen während des Schleusungsvorganges die Beschränkung 1. des Wasserverbrauches auf den Kammerinhalt und 2. des Schiffsweges auf die Kammerlänge ein. Im Maße des steigenden Güter- und Schiffsverkehrs üben beide Nebenerscheinungen zunehmend nachteilige Wirkungen aus. Sie führen einerseits als wassertechnische Forderung zu gesteigerter Verminderung des Schleusungswasserverlustes und andererseits als schiffahrtliche Forderung zu größerer Bequemlichkeit und Herabsetzung des Schleusungszeitverlustes. Technisch wird dieser Entwicklungsweg im jeweiligen Auswechseln schwerfälliger Mechanismen durch zunehmend präzisionsmäßige, leichte und leicht und sicher spielende Mechanismen, wirtschaftlich in der Verringerung der Frachtraumnot durch Beschleunigung des Betriebes, mit anderen Worten durch Verringerung der Liegezeit, vollzogen.

Beide Forderungen, die wassertechnische und schiffahrtliche, zeitigten in unserer Zeit eine theoretische Lösung von Höchstwerten in dem Kammerschleusen-ausgleichssystem ohne Kammerwasserverlust und in der „temporalen“ Durchgangskammerschleuse ohne Schleusungszeitverlust.

¹⁾ Die Wissenschaft des Schleusenwesens (Kunst des Schleusenbaues und -betriebes) besteht zur Hauptsache in der Anwendung anderer Disziplinen zur Lösung des von der Schifffahrt und Wassertechnik gestellten Schleusenproblems. Hierbei stellt das Schleusenwesen den übrigen Wissenschaften ganz neuartige Aufgaben, deren Lösung aber mit bekannten Methoden erfolgt (wie z. B. die Statik der Schachtschleuse), oder aber vorhandene Aufgaben in erhöhter Form, vornehmlich in bezug auf die Bauwerksteile, die nach statischen oder dynamischen Zweckmäßigkeitsgründen ausgebildet werden, und weniger mit Bezug auf die maschinellen Einrichtungen, denen vom Schleusenbau kaum spezielle oder erhöhte Anforderungen gestellt werden.

²⁾ Die Abfallmauer bedingt den Abfallboden und dadurch die Gefällskammerbildung.

Entwicklung des Schleusungsproblems der Kammerschleuse.

Zeitabschnitt	Stand der Technik	Wasserspiegel- ausgleich	Torabstand	Wassertechnisches Schleusenproblem	Schiffahrtliches (handelstechnisches) Schleusenproblem	
Ältere Ver- gangenheit	Alt- technisch (unvoll- kommen)	Gleichzeitiger Durch Haupt- verschluß ¹⁾	Örtlich	Wasser- ansammlung	Gefahrlos	
Jüngere Vergangen- heit und Gegenwart	Praktisch benutzte Erfahrung	Vorheriger ↑ Durch Neben- verschlüsse ²⁾ (und jüngst) durch Haupt- verschluß ¹⁾ ↓	Dimen- sional	Grundlösung: Prinzip der kommuni- zierenden Röhren	Zunehmende Ersparnis an: Verbrauchs- wasser und Verlustwasser	Zunehmend bequemer, sicherer, schneller u. wirtschaft- licher ↓
Zukunft (offene Frage)	Wissen- schaftlich gewertete Erfahrung (vervoll- kommnete Technik)					

Wirtschaftliches . . .
Schiffahrtliches . . .
Wassertechnisches . . . } Grundprinzip vom kleinsten Kraftaufwand.

Als besonderes technisch-historisches Merkmal in der Entwicklung der Kammerschleuse und in der technischen Entwicklung überhaupt treten die durch die jeweiligen Zeitverhältnisse bedingten Wechselbeziehungen zwischen Technik und Wirtschaft, beide von dem Grade ihrer Leistungsfähigkeit abhängig, auf. Sie finden ihren sprechendsten Ausdruck in dem Wiederauffinden und -aufgreifen alttechnischer Formen in technisch vollkommeneren Zeiten und in dem hieraus bei technisch-wirtschaftlicher Umwertung möglichen Erkennen absolut neuer Symptome.

Auch die letztgenannten Wechsel überdauert die Grundidee der Kammer-
schleuse, die in dem Prinzip der kommunizierenden Röhren eine der hervorragend-
sten und umfassendsten Ideen der Hydrostatik verwirklicht. Die Wiederholung
dieses Prinzips ist die geniale Grundidee der Kammerschleuse. Sie erwirkt die
allmähliche (gefahrlose) Übertragung des Staus von einem Torverschluß auf den
anderen, durch deren Wechselspiel der Wasserspiegelausgleich allererst zu einem nur
vorübergehenden, d. h. zeitweiligen, wird.

In dieser Grundeigenschaft: allmählicher (gefahrloser) und zeitweiliger
Wasserspiegelausgleich liegt der hohe Grad der anlage- und betriebstechnischen
Sicherheit und der bisher fast monopolartigen Stellung der Kammerschleuse als schiff-
fahrtlicher Schleusungsweg „punktaler Gefällszusammenfassung“⁴⁾.

¹⁾ Hauptverschluß heißt: das Durchfahrtstor selbst.

²⁾ Nebenverschlüsse sind: Torschütz und Umlauf mit seinen verschiedenen Verschlußarten.

³⁾ Temporal heißt: ein nach der Schiffahrtszeit zu bemessender Torabstand.

⁴⁾ Im Gegensatz zur anzustrebenden „linearen Gefällsauseinanderziehung“.

Benutzte Literatur.

A. Vorläufer.

1. L. C. Sturm, Gründliche und praktische Unterweisung, wie man Fang-Schleusen und Roll-Brücken bauen sollte. Augspurg 1715.
2. J. Chr. von Dreyhaupt, Pagus Nelectici et Nudizi. Vom Saalstrom, denen auf selbigem erbaueten Schleusen... Halle 1755.
3. Hagen, Beschreibung neuerer Wasserbauwerke. Königsberg 1826.
4. Schwabe, Die Entwicklung der deutschen Binnenschifffahrt bis zum Ende des 19. Jahrhunderts. (Deutsch-Österr.-Ungar. Verband für Binnenschifffahrt, Nr. 44.) 1899.

B. Holland.

5. Simon Stevin, Nieuwe Manière van Stercteboo door Spilsluijsen (am Ende seiner Operum Mathem.). Rotterdam 1617.
6. — Dasselbe, Deutsch. Frankfurt 1631.
7. Albert Girard, Les œuvres mathématiques de Simon Stevin de Bruges. Le tout revu, corrigé et augmenté. Leyde 1634.
8. Simon van Leeuwen, Privilegien en Handvesten van Rijnland. 1667.
9. Cornelii Meyer, L'arte de restituire a Roma la tralascita navigazione del suo Tevere. 1685.
10. Bouillet, Traité des moyens de rendre les rivières navigables. 1693.
11. Commelin, Beschryvinge van de Stadt Amsterdam. 1694.
12. Halma, Tooneel der Nederlanden. 1710.
13. Joh. Rud. Fäsch, Traktat von den Mitteln, die Flüsse schiffbar zu machen. Dresden 1728.
14. F. van Mieris, Groot Charterboek der Graven van Holland. Leyden 1753/56.
15. Adrian Kluit, Historia critica comitatus Hollandiae et Zeelandiae. Medioburgi 1777/82.
16. Joh. Georg Büsch, Übersicht des Wasserbaues (der Wasserbaukunst). Hamburg 1796, 1804.
17. G. C. H. Buchholz, Praktische Anweisung zum Bau hölzerner Abwässerungsschleusen. 1829.
18. F. W. Conrad, Verspreide Bijdragen. 1849.
19. L. Ph. C. Van den Bergh, Register van Hollandsche en Zeemosche oorkunden die in de charterboeken van van Mieris en Kluit outbreken. Amsterdam 1861.
20. Fhr. L. F. Teixeira de Mattos, De waterkeeringen, waterschappen en polders van Zuid-Holland. s'Gravenhage 1906/08.
21. Pirenne, Bibliographie de l'histoire de Belgique.

C. Deutschland.

22. Samuel Stryk, Dissertatio Juridicia de Jure cataractarum. Halle 1696.
- 22a. Rudolf Fäsch, Traktat von den Mitteln, die Flüsse schiffbar zu machen mit unterschiedlichen Dessins. Dresden 1728.
23. Belidor, Architectura Hydraulica. Paris 1737/51, Augsburg 1766/71.
24. Hogrewe, Geschichte der inländischen Schifffahrt. Hannover 1780.
25. — Beschreibung der schiffbaren Kanäle. Hannover 1780.
26. — Praktische Anweisung zur Baukunst schiffbarer Kanäle. Hannover 1805.
27. Woltmann, Baukunst schiffbarer Kanäle. Göttingen 1802.
28. — Schiffbarmachung der Flüsse. Hamburg 1826.
29. H. L. Behrens, Topographie des Stecknitzkanals. Hamburg 1818.
30. — Topographie von Holstein. 4. Aufl. Schleswig 1824.
31. Kurt Stahr, Dissertation: Die Hansa und Holland bis zum Utrechter Frieden 1474. Marburg 1907.
32. Hackmann, De jure aggerum.
33. J. Winckelmann, Not. Hist. Pol. vet. Saxo-Westphal.
34. — Hansisches, Lübeckisches Urkundenbuch, Hansarecesse 1256 1430, Hans. Geschichtsquellen.

35. P. Rheder, Die Gewässer im ganzen Umfange des Niederschlagsgebiets der Trave unter besonderer Berücksichtigung der schiffahrtlichen Verhältnisse.

D. Italien.

36. Leo Baptista Alberti, De re aedificatoria, libri X. Florent. 1485 (1541).
 37. Max Theuer, Dasselbe. Ins Deutsche übersetzt. Leipzig 1912.
 38. James Leoni, Dasselbe. Ins Englische übersetzt. London 1755.
 39. Vittorio Zonca, Novo Teatro di machine et Edificii. Padoua 1607 (1656).
 40. Gabriele Bertazzollo, Discorso sopra il nuovo sostegna presso la chiusa di Governolo. Mantoua 1609.
 41. Josephum Furtttenbach, Neues Itinerarium Italiae. Ulm 1627.
 42. Matthei Merian, Topographia Italiae. Frankfurt 1688.
 43. — Theatrum Europeum. Frankfurt 1700.
 44. Bernadino Zandrini, Leggi e fonomeni, regolazione ed usi delle acque correnti. Capitolo duodecimo. Ravenna 1731.
 45. Fumagalli, Antichità Longobardino. Diss. XII. Milanesi 1742.
 46. P. D. Paolo Frisi Bernanita, Del Modo di Regolare i Fiume e i Torrenti. 4. Kap. De'i Canali navigabili. Milano 1770.
 47. Abate Antonio Lecchi, Trattato de Canali navigabili. Milano 1776.
 48. Simone Strattico, Deela inclinazione deele sponde negli Alvei de' fiumi. Bologna 1811.
 49. Guiseppe Brusschetti, Historia dei progetti e delle opere per la navigazione interna del Milanesi. Milano 1821.
 50. Hugo, Grafen von Gallenberg, Leonardo da Vinci. Leipzig 1834.
 51. Leonardo da Vinci, Il codice Atlanticus — della Biblioteca Ambrosiana de Milano, reprod. e publ. della Regia Accad. de' Zincei. Milano 1894/1903.

Außer der einschlägigen Fachliteratur (s. H. d. J.) enthält ein II. und III. Teil (s. Dissertation des Dr.-Ing. Wreden) noch eingehende Literaturangaben historischen Wertes für Forscherarbeiten, ohne direkte Angaben über Schleusen zu enthalten.

Aus der Entwicklungsgeschichte des deutschen Werkzeugmaschinenbaues.

Von

Kommerzienrat Otto Engelhard, Berlin.¹⁾

In Deutschland hatte der Bau von Werkzeugmaschinen bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts nur einen geringen Umfang angenommen. Man bezog damals Werkzeugmaschinen noch zum großen Teil aus England, wo der Werkzeugmaschinenbau schon auf einer gewissen Höhe stand. Man war zu jener Zeit in Deutschland vielfach der Ansicht, gute Werkzeugmaschinen nur aus England beziehen zu können, wie dem Verfasser auf seinen Geschäftsreisen in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts häufig entgegen wurde. Nur allmählich konnte sich daher der Werkzeugmaschinenbau in Deutschland entwickeln. Aber er ging doch rasch voran, wie die verschiedenen Weltausstellungen von 1862 (London) bis 1900 (Paris) zeigten. Im Jahre 1862 waren deutsche Maschinen nur in geringer Zahl und in einfacher Form in London vertreten. Die Pariser Ausstellung 1867 zeigte schon wesentliche Fortschritte, sowohl in den Konstruktionen wie in der Zahl der ausgestellten Maschinen, und 1873 (Wien) hatte der deutsche Werkzeugmaschinenbau den englischen in Konstruktion und Güte der Ausführung erreicht.

Entwicklung der Drehbank.

Die Hauptteile der Drehbank sind: Bett mit Füßen, Spindelkasten (Hauptantrieb), Leit- oder Zugspindel, Support und Reitstock.

Der Antrieb der Drehbänke erfolgte anfangs und noch bis vor wenigen Jahren ausschließlich durch Stufenscheiben mit 3 bis 5 Riemenläufen, der Geschwindigkeitswechsel durch Umlegen des Riemens auf die verschiedenen Stufen und doppeltes, ein- und ausschaltbares Rädervorgelege. Dessen Räder hatten ursprünglich nach

¹⁾ Kommerzienrat Otto Engelhard ist der Mitbegründer der Werkzeugmaschinenfabrik Collet und Engelhard in Offenbach am Main. Beide Gründer, Otto Engelhard und Anton Collet, waren zusammen bei der Firma Sharp, Stewart & Co. in Manchester als Ingenieure tätig gewesen. Im Frühjahr 1862 begannen sie gemeinschaftlich mit dem Bau einer Werkzeugmaschinenfabrik in Offenbach am Main. Die ersten Maschinen wurden aus England bezogen. Anfänglich hatte man neben dem Werkzeugmaschinenbau auch die Herstellung Giffardscher Injektoren aufgenommen, die bis dahin nur Sharp, Stewart & Co. hergestellt hatte. In den ersten Jahren führt die junge Firma den Bau zweier neuer Werkzeugmaschinenbauarten ein: Schrauben- und Mutternschneidmaschinen nach Sellers Patent und Horizontalbohr- und -fräsmaschinen. Später bildeten der elektrische Einzelantrieb von Werkzeugmaschinen und Spezialwerkzeugmaschinen für Bau und Instandhaltung von Eisenbahnfahrzeugen wichtige Arbeitsgebiete der Firma.

Kommerzienrat Engelhard war bis 1895 Teilhaber der Firma und gehörte ihr seit der Umwandlung zur G. m. b. H. 1895 bis 1908 als Geschäftsführer an.

Der Herausgeber.

sehr sorgfältig gearbeiteten Modellen gegossene Zähne. Erst später ging man zu Rädern mit gefrästen Zähnen über, als die hierfür notwendigen Fräsmaschinen entstanden waren. Eine Zwischenstufe war das Ausstoßen der Zähne auf Stoßmaschinen, deren Stähle die Form des Zahnausschnittes hatten, doch mußte diese Herstellungsart bald dem Fräsen weichen, wobei man eine genauere Zahnform erhielt. Der Antrieb im Spindelstock ist vielfach verändert worden. Man hatte zunächst zu der ursprünglichen Bauart ein zweites Rädervorgelege für ganz langsamen Gang hinzugefügt, dann aber die ganze Konstruktion dahin umgeändert, daß man die Stufenscheibe durch eine einfache größere und breitere Riemenscheibe ersetzt hat und die Änderung der Umlaufzahlen der Arbeitsspindel durch Stufenrädernetriebe im Spindelkasten bewirkte. Die Veranlassung dazu war die Einführung des Schnelldrehstrahles, der kräftigere Maschinen verlangte, ferner das Bestreben, den Geschwindigkeitswechsel zu erleichtern und die dafür erforderliche Zeit abzukürzen. In der Lagerung der Spindel sind ebenso im Laufe der Zeit verschiedene Ausführungen aufgetreten. Ursprünglich verwendete man für das vordere

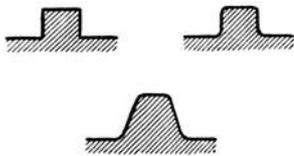


Abb. 1. Leitspindelgewinde-
querschnitte.

Spindellager eine feststehende konische Metallbüchse, für das hintere eine entgegengesetzt konisch geschlitzte Lagerbüchse, welche durch Muttern nachgestellt wurde; später hat man dann besonders für leichtere, schnelllaufende Bänke die vordere Lagerung mit konischer geschlitzter und nachstellbarer Büchse, die hintere Lagerung zylindrisch ausgeführt. Auch ist man bei schnelllaufenden Bänken dazu übergegangen, die Spindellagerzapfen zu härten und zu schleifen, woraus sich dann die Schleifmaschine zum Abschleifen der zylindrischen und konischen Lagerstellen entwickelte.

Der Antrieb der Leitspindel erfolgte durch Wechselräder, die verschiedene Umlaufgeschwindigkeiten zuließen; lange Zeit hindurch hatten sie rohe, nach eisernen Modellen gegossene Zähne. Erst später ging man bei Wechselrädern zum Fräsen der Zähne über. Die Leitspindeln haben in ihrem Gewindequerschnitt verschiedene Wandlungen erfahren. Ursprünglich schnitt man das Gewinde auf Drehbänken mit scharfem, rechtwinkligem oder quadratischem Querschnitt, auch mit abgerundeten Ecken, neuerdings fräst man das Gewinde auf besonderen Gewindefräsmaschinen mit schrägen Flanken, d. h. mit trapezförmigem Querschnitt. (Abb. 1.)

Auch das Bett der Drehbank hat manche Änderungen erfahren. Von der ursprünglichen Form der Führung mit dreiseitigen Prismen auf beiden Bettwangen ist man neuerdings vielfach zu ebenen Leistenführungen übergegangen. Diese hat man wieder ergänzt durch Prismenführung auf den Bettwangen. Statt der früher fast allgemein üblichen Einzelfüße des Bettes sind für die immer schwerer werdenden Maschinen Kastenfüße in Aufnahme gekommen.

Der Selbstgang des Supportes wurde entweder durch Leitspindel mit einer ausrückbaren Mutter oder durch eine Zahnstange am Bett und ein entsprechendes Zahnrad im Support bewirkt, das durch eine, anfänglich auf der Rückseite des Bettes angeordnete, längs genutete Spindel angetrieben wurde.

Die Zahnstange war von vornherein an der Vorderseite des Bettes verdeckt unter der Leiste des Bettes angebracht. Bei den mit verschiedenen Stählen arbeitenden Fassonbänken wurde der Revolverkopf eingeführt, um die einzelnen Stähle für die verschiedenen Arbeitsvorgänge nacheinander, ohne Aus- und Einspannen, in Arbeitsstellung bringen zu können.

Der selbsttätige Planvorschub des Oberschlittens geschah zuerst durch Kegelräder, von denen das treibende auf der Leitspindelmutter ruhte, während das getriebene durch Zwischenräder mit der Schaltspindel des Planselbstganges in Verbindung stand. 1890 wurde der direkte Antrieb von Drehbänken durch Elektromotoren eingeführt. Zuerst baute man den Elektromotor am Fuße des Spindelstockes ein und übertrug die Bewegung mittels Riemens oder einer senkrechten Welle auf die Arbeitsspindel. Der Wechsel in den Umlaufszahlen der Spindel geschah durch verschiedene Räderübersetzungen. Seit dieser Zeit kam der direkte Antrieb durch Elektromotoren bei vielen Maschinen in Aufnahme. Man war nun nicht mehr abhängig von besonderen Wellenleitungen zu den einzelnen Maschinen, konnte vielmehr die Werkzeugmaschinen dort aufstellen, wo sie in der Werkstatt am passendsten waren.

Die Drehbank nahm nach den Zwecken, denen sie dienen sollte, die verschiedensten Formen an. In den 90er Jahren kam die Revolverdrehbank allgemeiner in Anwendung; man baute starke Maschinen von ganz besonderer Länge für starke

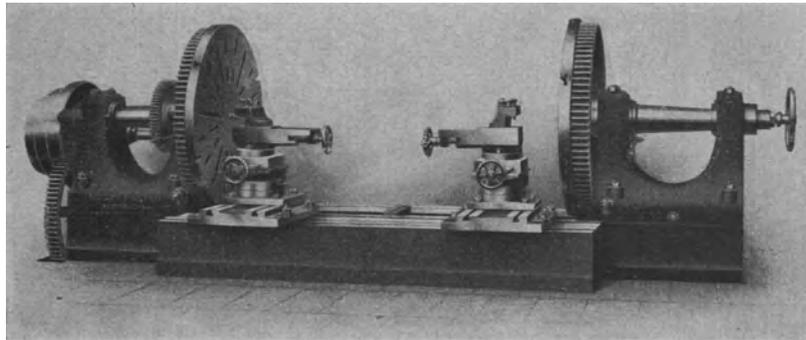


Abb. 2. Räderdrehbank mit Stufenscheibenantrieb 1868.
Tagesleistung 1 bis $1\frac{1}{2}$ Radsätze.

Wellen (Schiffswellen), die meistens direkten elektrischen Antrieb erhielten; Bänke für bestimmte Zwecke, wie die Räderbänke für Eisenbahn-radsätze wurden weiter ausgestaltet und verbessert durch Einführung des elektrischen Einzelantriebes und durch Führung der Stähle durch Schablonen, die selbsttätig mit Fassonstählen die zusammengesetzte Lauffläche der Radreifen ohne Zutun des Arbeiters fertigstellen (Abb. 2 und 3). Während auf den ersten Räder-Drehbänken in 10 Arbeitsstunden 1 bis $1\frac{1}{2}$ Radsätze abgedreht wurden, hat man im Jahre 1912 auf einer solchen Bank über 15, ja in besonderen Fällen bis zu 20 Radsätze in derselben Zeit fertiggestellt. Die Massenherstellung begünstigte die Durchbildung von Spezialdrehbänken.

Die Plandrehbank fand vielseitige Ausgestaltung zur Herstellung großer ebener und vielseitig geformter Flächen an Maschinenteilen. Der Spindelstock erhielt eine mannigfache Ausgestaltung für kleine und große Stücke, die Verwendung von Fundamentplatten zur Verschiebung schwerer Supporte oder auch eines besonderen Reitstockes wurde notwendig. Man baute Plandrehbänke mit sehr großen Planscheiben, die durch große Zahnkränze oder durch zwei Zahnkränze mit innerer wie auch mit äußerer Verzahnung angetrieben wurden. Der Antrieb dieser Plan-

drehbänke fand früher durch Stufenscheibe mit mehreren Läufen und Rädervorgelegen statt, hat sich aber mit der Entwicklung des Elektromotors zum Antrieb wesentlich verändert und vereinfacht. Anfänglich wurde nur ein Support angewendet. Später hat man die Bänke mit mehreren Supporten versehen zur Bearbeitung bestimmter Formen am Werkstück.

Die Entwicklung der Warmwasserheizung in Wohnräumen erforderte Spezialbänke zur Bearbeitung der Rohrflanschen und Dichtungen von Heizkörpern, für welche man besondere Drehbänke baute, auf denen das Werkstück festlag und die Bearbeitung seiner beiden Enden (Flanschen oder Paßstücke) durch Stähle auf Planscheiben oder dem Spindelkopf einer Drehbankspindel stattfand, gewöhnlich an beiden Enden gleichzeitig.

Auf ähnliche Weise wurden auch die Achsen von Fahrzeugen, namentlich Eisenbahnwagenachsen, abgedreht; sie wurden in der Regel in einen festen Kopf in der Mitte des Bettes eingesteckt und daselbst umgedreht, während die Lagerstellen an beiden Enden durch Supportstähle abgedreht wurden.

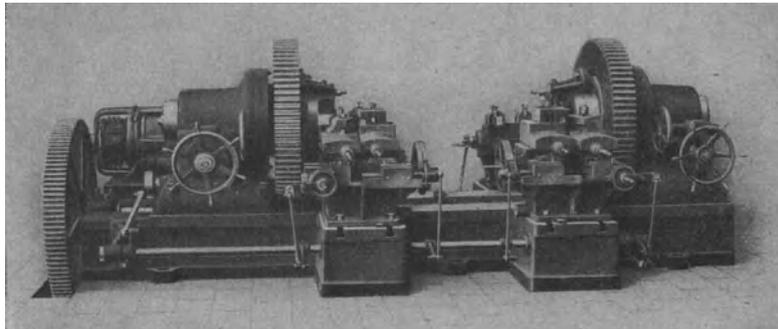


Abb. 3. Räderdrehbank mit elektrischem Einzelantrieb 1912.
Tagesleistung 15 bis 20 Radsätze.

Horizontalbohr- und -fräsmaschinen.

Neben der Drehbank hat wohl die Horizontalbohr- und -fräsmaschine die weitgehendste Entwicklung von allen Werkzeugmaschinen im Laufe der Zeit gefunden, da sie die weitgehendste Verwendung im Maschinenbau gestattet.

Die wagerechte Lagerung der Bohr- und Frässpindel, ihre Verstellung an guter Lagerfläche sowohl senkrecht wie wagerecht erlaubt sowohl das Bohren von Löchern großen Umfanges als auch das Bearbeiten wagerechter und senkrechter Flächen. Sie kann daher als Bohrmaschine wie als Fräsmaschine benutzt werden. Ausführungen aus den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts waren nur zum Bohren eingerichtet, es geschah also die Verstellung der Bohrspindel sowohl senkrecht wie wagerecht nur durch Handbewegung zur Einstellung auf einen bestimmten Punkt, wo gebohrt werden sollte. Für diese Stellungen hatte dann die Bohrspindel die verschiedensten Umlaufgeschwindigkeiten und Vorschübe zum Bohren. Der Antrieb der Spindel erfolgte vom Fuße des Ständers aus oft durch Winkelräder auf eine senkrechte Antriebswelle und von dieser wiederum durch Winkelräder auf die Bohrspindel. Zum Bohren größerer Löcher oder Lagerstellen wurde eine

Bohrstange mit Messern eingesteckt, die am vorderen Halse der Maschinenspindel mit konischem Zapfen solide gehalten, am anderen Ende in besonders verstellbarem Lager auf dem Bett geführt war. Darauf wurde die senkrechte und wagerechte Verstellung der Spindel selbsttätig gemacht, und zwar mit verschiedenen Schaltgeschwindigkeiten. Hierdurch gelang es, beim Aufstecken einer Scheibe mit Messern auf dem Bohrspindelkopfe gerade Flächen abzufräsen, sowohl senkrecht wie wagerecht.

In der Anordnung von Arbeitsspindel und Werkstück gab es drei Wege. Einmal wurde die Arbeitsspindel mit ihrem Schlitten am feststehenden Ständer in den verschiedensten Umdrehungszahlen senkrecht verstellbar mit selbsttätigem Gange ausgerüstet, und das Werkstück wurde an der Spindel auf winklig verstellbarem Tische befestigt, so daß es zum Ausbohren in der Spindelrichtung verschiedene Bewegungen bekam. Die Bohrstange erhielt dann sichere Führung in einem dem Bohrständler gegenüberstehenden Führungsständler. Der Tisch, auf dem das Werkstück ruhte, hatte nun auch selbsttätige Bewegung in der Richtung der Bohrspindel und winklig zu ihr zum Abfräsen von Flächen.

Bei einer anderen Anordnung wurde das Werkstück unverschieblich auf einer Fundamentplatte befestigt und die Bohr- und Frässpindel mit ihrem Schlitten am Ständer vertikal und dieser selbst auf einem Bett selbsttätig der Länge nach auf der Fundamentplatte bewegt, so daß an dem Werkstück sowohl alle Bohrungen in der einen Richtung als auch die Bearbeitung von Flächen ausgeführt werden konnte, die parallel mit der Bettkante des Bohrständlers lagen.

Bei der dritten Anordnung war die Arbeitsspindel festgelagert, das Werkstück auf dem Konsoltisch senkrecht einstellbar und in der Wagerechten mit Selbstgang verschiebbar.

Für den Antrieb der Bohr- und Frässpindel entstanden im Laufe der Zeit verschiedene Bauarten. Man ging auch vielfach zum Antrieb durch Elektromotor über; Änderungen in der Umlaufzahl wurden durch Räderübersetzungen ausgeführt. In jüngster Zeit hat man dann auch die Lagerung der Bohr- und Frässpindel auf drehbarem Schlitten angeordnet. Auch der Bohrständler wurde um seine senkrechte Achse drehbar gemacht, um in jeder beliebigen Richtung bohren zu können.

Bei Verwendung der Maschine zum Bohren an sehr schweren und unverschiebbaren Werkstücken hat man sie auch mit ihrem Unterbett beweglich gemacht. Sie wird dann mitsamt ihrem Betriebsmotor auf der großen Fundamentplatte verschoben zu den Stellen, wo sie bohren oder Flächen abfräsen soll.

Transportable Werkzeugmaschinen.

Die Anwendung der Elektromotoren als Antrieb von Hilfsmaschinen hat die Entstehung einer Anzahl neuer Maschinen um die Jahrhundertwende dadurch gezeitigt, daß man zu Bearbeitung sehr schwerer Werkstücke leichtere, bewegliche Werkzeugmaschinen mit elektrischem Einzelantrieb baute. So hat man transportable Bohrmaschinen in Form von Universal-Radialbohrmaschinen mit drehbarem Kopfstück, sodann fahrbare Bohr- und Gewindeschneidemaschinen, wagerechte Kesselbohrmaschinen, Horizontal-Stoßmaschinen gebaut, die alle transportabel sind, entweder fahrbar auf vier Laufrädern oder mit Fußplatte auf einer großen Fundamentplatte festspannbar.

Die Bohrspindeln dieser Maschinen können auf der Fußplatte senkrecht und wagerecht verstellt werden; sie sind mit ihrem Kopfe drehbar nach jeder Richtung hin, lassen sich also in jeder Winkelrichtung einstellen. Bei den Universal-Stoßmaschinen ist der Stahlhalterschleitten mit einem Stahlhalterkopf an der Seite und einem solchen am vorderen Schleittenkopf versehen. Der Schleitten hat selbsttätigen Gang aufwärts und abwärts, und der Ständer ist auf dem unteren Bett-schleitten um die senkrechte Achse drehbar.

Gesamtinhaltsverzeichnis zu Band I bis IX.

Die vollen Titel der Aufsätze sind bei den aus den Überschriften sich ergebenden Stichworten angeführt. Die übrigen Stichworte beziehen sich auf den hauptsächlichsten Inhalt der Aufsätze, wobei mit Rücksicht auf den zur Verfügung stehenden Raum wesentliche Einschränkung geboten war. Ein Stern (*) bei den biographischen Angaben bedeutet, daß ein Bildnis vorhanden ist. — Die römische Zahl bedeutet den Band, die arabische Ziffer die Seite.

- Abdampfverwertung.** II, 198.
Aeronautik s. Luftfahrtwesen.
Akkumulator. Die geschichtliche Entwicklung des —. Dr. Edm. Hoppe. I, 145.
Alkoholische Getränke. Zur Ursprungsgeschichte der —. Dr. R. Stübe. VIII, 56.
Astronomische Instrumente. IX, 1.
Aufbereitung. VIII, 160.
Automatentheater. Herons des Älteren —. Dr. Th. Beck. I, 182.
- Bagdadbahn.** I, 268.
Baubehörden. V, 126.
Baurecht. Die prinzipielle Entwicklung des mitteleuropäischen technischen — aus dem römischen Rechte. Dr. J. Stur. V, 124.
Befestigungen. VII, 186.
Beleuchtung (Bergbau). VIII, 168.
 — (elektr.) I, 53; VII, 2.
Berg- und Hüttenwesen s. Maschinen des — vor 100 Jahren. I, 1.
Bergbau. V, 298.
 — Der älteste — und seine Hilfsmittel. E. Treptow. VIII, 155.
Bewerterungsanlagen. I, 16; VIII, 183.
Biographisches.
 *Bessemer, Henry (1813—1898). Aus — Selbstbiographie. O. Hönigsberg. II, 271.
 Beuth, Peter Christoph Wilhelm (1781 bis 1853). III, 251.
 *Bichford. VI, 56.
 *Boulton, Matthew (1728—1809). Zum hundertjährigen Todestage des Begründers der Dampfmaschinenindustrie. C. Matschoß. I, 251.
 *Brown, Charles (1827—1905). II, 158.
 Castigliano, Alberto (1847—1884). VII, 30.
 Clapeyron, Benoit Pierre Emil (1779 bis 1864). VII, 33.
 *Cramer-Klett, Theodor (1817—1884). V, 254.
 Culmann, Karl (1821—1881). VII, 37.
 *Daguerre (1787—1852). II, 305.
 *Eales. † 1890. VI, 70.
 *Engerth, Wilhelm (1814—1884), IV, 349.
 Euler, Leonhard (1707—1783). VII, 29.
 *Fourneyron, Benoit (1802—1867). Dr. Karl Keller. IV, 79, 94.
 *Fox, Samson (1838—1903). I, 78.
 *Francis, James B. (1815—1892). Zur hundertsten Wiederkehr seines Geburtstages. Dr. Karl Keller. VI, 79.
 *Franzius, Ludwig (1832—1903), Oberbaudirektor der Freien Hansestadt Bremen 1875—1903. G. de Thierry. V, 1.
 Friedrich der Große (1712—1786) in seiner Stellung zum Maschinenproblem. Ein Beitrag zur Geschichte der merkantilistischen Gewerbepolitik. Carl Ergang. II, 78.
 — IV, 309.
 Galilei, Galileo (1564—1642). VII, 27.
 *Gerber, Heinrich (1832—1912). V, 269.
 *Ghega, Karl (1802—1860). IV, 334.
 *Hartmann, Richard (1809—1878). IX, 108.
 *Haswell, John (1812—1897). Dr. techn. Rudolf Sanzin. V, 157.
 Hefner-Alteneck (1845—1904). VII, 145.
 Hjorth. VII, 136.
 Heron der Ältere. I, 84, 182; III, 163.
 *Herschel, John (1792—1871). II, 316.
 *Hirn, Gustav Adolf (1815—1890), sein Leben und seine Werke. Dr. Keller. III, 20.
 *Jacobi, Johann Ernst (1814—1867). VI, 69.
 *— Franz Ludwig (1805—1864). VI, 69.
 Kittel, Josef (1776—1847). V, 230.
 *Klett, Johann Friedrich (1778—1847). V, 246.
 *Knaudt, Adolf (1825—1888). I, 73.
 Körting, Ernst (1842). Mein Lebenslauf als Ingenieur und Geschäftsmann. I, 200.
 Linde, Carl von (1842). VIII, 1.
 *Loewe, Ludwig (1837—1887). IX, 119.

- Marcellinus, Ammianus. III, 163.
 *Miller, Ferdinand von —, der Erzgießer.
 Zur Erinnerung an die 100. Wiederkehr
 seines Geburtstages. C. Matschoß. V, 174.
 Mohr, Otto (1835—1918). VII, 39.
 Navier, Louis Marie Henri (1785—1836).
 VII, 31.
 *Niepce, Nicéphore (1765—1833). II, 303.
 *Peres, Daniel (1776—1845). Lebensbild
 eines Vorkämpfers der Solinger Meß-
 machertechnik. Franz Hendrichs. VII, 84.
 Pilon von Byzanz (etwa 200—260
 v. Chr.). II, 64; III, 163.
 *Planté, Gaston (1834—1889). I, 158.
 *Poitevin, Alphons Louis (1819—1882).
 II, 319.
 *Pöhlhem, Christopher (1661—1751), und
 seine Beziehungen zum Harzer Bergbau.
 Otto Vogel. V, 298, 339.
 Rathenau, Emil (1838—1915). I, 56.
 *Rathgeber, Jos. sen. (1810—1865).
 VIII 64.
 *— Jos. jr. (1846—1903). VIII, 77.
 *Regnault, Henri Victor (1810—1878),
 II, 58.
 *Reinecker, Julius Eduard (1832—1895).
 IX, 109.
 Remy, Heinrich Wilhelm. III, 86;
 VIII, 118.
 Reynolds, Edwin (1831—1909). I, 279.
 *Riggenbach, Nikolaus (1817—1899).
 Zu seinem hundertjährigen Geburtstag.
 Dr. Karl Keller. VII, 110.
 *v. Segner, Johann Andreas (1704—1777).
 Dr. Karl Keller. V, 54.
 Siemens, Werner (1816—1892). VIII, 139.
 *Sigl, Georg (1811—1887). Dem Anden-
 ken eines unserer größten. Industriellen.
 F. R. Engel. VIII, 94.
 Splitgerber, David (1683—1764). IV, 28.
 *v. Strobach, Paul (1776—1854). Selbst-
 biography, herausgegeben und mit An-
 merkungen versehen von Dr. techn. Hugo
 Fuchs. IV, 196.
 *Sulzer-Hirzel, Johann Jacob (1806 bis
 1883). II, 151.
 *— Neuffert, Joh. Jacob (1782—1853).
 II, 149.
 *— Salomon (1757—1807). II, 149.
 *— Salomon (1809—1869). II, 151.
 *— Steiner, Heinrich (1837—1906). II,
 161.
 *Talbot, William Henry (1800—1877).
 II, 307.
 *v. Tunner, Peter Ritter (1809—1897),
 und seine Schule. Dr. Ing. h. c. Josef
 Gängl v. Ehrenwerth. VI, 95.
 Vitruv. III, 163.
 *Vogel (1834—1898). II, 325.
 Watt, James (1736—1819). I, 108.
 *Werder, Ludwig (1808—1885). V, 255.
 *Wieck, Friedrich Georg (1800—1860).
 IV, 66.
 *Wilkinson, John (1728—1808). H. W.
 Dickinson. III, 215.
 *Wöhler, August (1819—1914). R. Blaum.
 VIII, 35.
 *Wolf, R. (1831—1910), der Begründer der
 Maschinenfabrik R. Wolf in Magdeburg-
 Buckau. C. Matschoß. IV, 1.
 *Worthington, Henry Rossiter (1817
 bis 1880). Skizze eines Ingenieurlebens.
 Otto H. Müller. I, 36.
 *Zimmermann, Johann (1820—1901).
 IX, 107.
Bobinetfabrikation. Die ersten Versuche zur
 Einführung der —. Hugo Fischer. IV, 63.
Böhmen, Industriegeschichte. V, 230.
Bohrer. IV, 275.
Bohrmaschinen. IV, 292; IX, 172.
Brauereien. VIII, 3.
Brückenbau. III, 227; IV 227; V, 266, 289;
 VII, 81, s. a. Eisenbrücken.
Buchdruck in Ostasien. Die Erfindung des
 Druckes in China und seine Verbreitung in
 Ostasien. Dr. R. Stübe. VIII, 82.
Dampfakkumulator. I, 208.
Dampfhammer. I, 75; VI, 14.
Dampfkessel. Adolf Knautd und die fabrikmäßige
 Herstellung von Böden, Wellrohren
 und sonstigen Blechteilen von Dampfkesseln.
 I, 73; II, 189.
 — Beiträge zur Entwicklung des Dampfkessel-
 baues in den letzten 50 Jahren. Kugler, IX, 53.
Dampfkesselaufsicht. Die geschichtliche Ent-
 wicklung der — in Preußen. Dr. jur. Hilliger.
 VII, 62.
Dampfmaschinen. Die ersten betriebsfähigen
 — in Böhmen. Ein Beitrag zur Industrie-
 geschichte Böhmens. Dr. techn. H. Fuchs u.
 A. Günther. I, 251; II, 168; V, 230, 250, 284.
Dampfpumpe. I, 37.
Dampfturbinen. II, 195.
Drehbänke. V, 99; IX, 101, 169.
Dreschmaschinen. II, 200.
Dynamomaschine. Zur Geschichte der —. Die
 Entwicklung des Dynamobaues bei der Firma
 Siemens & Halske (1866—1878). Dr. Adolf
 Thomälen. VII, 134.
 — I, 53.
Eisenbahnen. Die Spurweite der — und der
 Kampf um die Spurweite. Ein Abschnitt
 aus der Entwicklungsgeschichte der —.
 Dr. Karl Keller. VII, 43.

- Eisenbahnwagen.** V, 258; VIII, 64.
Eisenhochbau. V, 265, 290.
Eisenbrücken. Beitrag zur Geschichte der — in Ungarn. Dr.-Ing. Hugo Fuchs. VII, 82.
Eisengießerei. Urkundliches zur Geschichte der —. Dr.-Ing. L. Beck. II, 83.
 — Die geschichtliche Entwicklung der — seit Beginn des 19. Jahrhunderts. U. Lohse. II, 90.
Eisenhüttenkunde. Beiträge zur Geschichte der —. Illies. III, 79.
 — VIII, 118.
Eisenhüttenwerksmaschinen vor 100 Jahren. IV, 100.
Eisenindustrie. England und die rheinisch-westfälische — vor 100 Jahren. Ein Aktenstück zur Kriegsgeschichte. Dr. Hans Kruse. VIII, 117.
 — Die geschichtliche Entwicklung der — im Kreise Schmalkalden. A. Pistor. IX, 69.
Elektrotechnik s. Dynamomaschinen, Beleuchtung (elektr.).
Erzgießerei. V, 175.
Feinmechanik. Beiträge zur Geschichte der —. L. Ambronn. IX, 1.
Festigkeitslehre. Zur Geschichte der Anwendungen der — im Maschinenbau: Hat sich Watt zur Bemessung seiner Maschinenteile der — bedient? E. Meyer. I, 108.
 — IV, 158; VIII, 48.
Flammofen. II, 96.
Flammofenfrischen. Die Einführung des englischen — in Deutschland von Heinrich Wilhelm Remy & Co. auf dem Rasselstein bei Neuwied. Dr.-Ing. Ludw. Beck. III, 86.
Fördereinrichtungen. I, 11; V, 309; VIII, 173.
Formmaschine. II, 111, 125.
Fräsmaschinen für Holz. I, 176.
Gasanstalt. IV, 109.
Gasmaschine. Ein Beitrag zur Großgasmaschine. Dr. Wilhelm von Oechelhäuser. VI, 109.
 — I, 205, 212.
Gasverflüssigung. VIII, 24.
Gebirgsbahnen. IV, 333; VII, 119.
Gebirgslokomotive. IV, 333.
Gebälse. I, 17; IV, 97.
Gebälsemaschinen. III, 220.
Geschützbau. Der altgriechische und alt-römische — nach Heron dem Älteren, Philon, Vitruv und Ammianus Marcellinus. Dr.-Ing. Th. Beck. III, 163.
Geschütze, eiserne. II, 84.
Gesteinsbohrmaschine. IV, 108.
Gewehr. Das Steinschloß — und seine fabrikmäßige Herstellung in den Jahren 1800 bis 1825. W. Treptow. V, 143.
Gewehrfabrikation. IV, 46.
Gewerbeförderung in Preußen. III, 239.
Gichtaufzüge. I, 25.
Grenzlehren. V, 120.
Hammerwerke. I, 28; IV, 99; VI, 1.
Hebezeuge. V, 291.
Heizungen. I, 216.
Hobelmaschinen. I, 176; V, 73; IX, 103.
Hochofen. IV, 112.
Holzbearbeitungsmaschinen. Zur Geschichte der —. Dr.-Ing. Hermann F'scher. I, 176; III, 61.
Hüttenwesen. VI, 95.
Industriegeschichte.
 Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft. Geschichtliche Entwicklung in den ersten 25 Jahren. C. Matschoß. I, 53.
 Berliner Elektrizitäts-Werke. Geschichtliche Entwicklung der — von ihrer Begründung bis zur Übernahme durch die Stadt. C. Matschoß. VII, 1.
 Gasmotorenfabrik Deutz. Das Museum der —. Ein Beitrag zur Geschichte der Gasmaschine. H. Neumann. I, 212.
 Gebrüder Sulzer. Die Geschichte der Firma — in Winterthur und Ludwigshafen. C. Matschoß. II, 148.
 Gesellschaft für Lindes Eismaschinen. VIII, 1.
 Gewehrfabrik in Spandau. Zur Geschichte der Kgl. — unter besonderer Berücksichtigung des 18. Jahrhunderts. Wilhelm Hassenstein. IV, 27.
 Gutehoffnungshütte. Die Geschichte der — in Oberhausen (Rheinl.). Zur Erinnerung an das 100jähr. Bestehen. Dr. Reichert. II, 236.
 Körting, Gebr. I, 200.
 Maschinenfabrik Nürnberg. Geschichte der —. C. Matschoß. V, 244.; IX, 53.
 Maschinenfabrik R. Wolf in Magdeburg-Buckau, s. Biographie R. Wolf. IV, 1.
 Remy & Co., Heinr. Wilh. III, 86; VIII, 118.
 Solinger Industrie. VII, 84.
 Waggonfabrik Jos. Rathgeber. Die Entwicklung der — in München. Ein Beitrag zur Geschichte des deutschen Eisenbahnwagenbaues. Hans Hermann. VIII, 64.
Injektoren. I, 202.
Ingenieur. Berufsgeschichte. I, 276.
Ingenieurtechnik des Mittelalters. Zur Geschichte der — (Ingenieurbauwerke der Khmer). Curt Merckel. III, 1.

- Kälteanlagen für bewohnte Räume.** VIII, 17.
Kältemaschinen. II, 211; VIII, 1.
Kältetechnik. Aus der Geschichte der —. Dr.-Ing. e. h. Carl v. Linde. VIII, 1.
Kanalunternehmungen. Die Geschichte der mittelamerikanischen —. Dr. R. Hennig. IV, 113.
Keltern. — einst und jetzt. Dr.-Ing. Häußer. VII, 127.
Kleisenindustrie. VII, 84; IX, 69.
Kompressoren. II, 209; VIII, 4.
Kondensatoren. I, 207.
Krane. I, 275.
Kriegsschiffbau. Die Einführung der Panzerung im — und die Entwicklung der ersten Panzerflotten. J. Rudloff. II, 1.
Kugellager. I, 275.
Kuppelöfen. II, 93.
Leuchttürme. Beiträge zur älteren Geschichte der —. Dr. Richard Hennig. VI, 35.
Lokomobilen. IV, 16.
Lokomotiven. Die — der vormäligen Braunschweigischen Eisenbahn, unter Berücksichtigung gleichartiger — bei anderen Bahnverwaltungen. W. Nolte. IV, 333; V, 158; VI, 152.
Luftfahrtwesen. Beiträge zur Frühgeschichte der Aeronautik. Dr. Rich. Hennig. VIII, 100.
Luftverflüssigung. VIII, 18.
Maschinen. Die — des deutschen Berg- und Hüttenwesens vor 100 Jahren. C. Matschoß. I, 1.
 — Die — von Marly. Dr. Carl Ergang. III, 131.
Maschinenbau. Aus der Werkstatt deutscher Kunstmeister im Anfang des 19. Jahrhunderts. (Nach alten Originalzeichnungen.) C. Matschoß. IV, 96.
Maschinenproblem (Friedrich der Große). II, 78.
Materialprüfmaschinen. IV, 151; VIII, 39.
Materialprüfung. I, 34; VIII, 35.
Materialprüfungswesen. Das — und die Erweiterung der Erkenntnisse auf dem Gebiete der Elastizität und Festigkeit in Deutschland während der letzten vier Jahrzehnte. R. Baumann. IV, 147.
Mechanik. Herons des Älteren —. Dr.-Ing. Th. Beck. I, 84.
 — Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der technischen —. Dr.-Ing. h. c. A. v. Rieppel und Dr.-Ing. L. Freytag. VII, 25.
Metallhüttenwesen. VIII, 162.
Mühle. Die — im Rechte der Völker. Dr. Carl Koehne. V, 27.
Nähmaschinen. III, 192.
Panzerflotten. II, 1.
Papier. VIII, 82.
Photographie. Zur Geschichte der —. Dr. G. Leimbach. II, 294.
Patentwesen. III, 264.
Phonograph. I, 272.
Pressen (für Öl usw. im Altertum). I, 101; VII, 180.
 — Wein-. VII, 127.
Preßluftwerkzeuge. VI, 21.
Puddelverfahren. III, 86.
Pulsometer. I, 208.
Rechenmaschinen. Die Rechenstäbe und — einst und jetzt. Erich Krebs. III, 147.
Rechenschieber. III, 147.
Sägemühlen. III, 61.
Sandaufbereitung. II, 108, 135.
Schiffsanker. Die Entwicklung des — bis zum Jahre 1500 n. Chr. Dr.-Ing. F. Moll. IX, 41.
Schiffsmaschinen. II, 203.
Schleusen. Vorläufer und Entstehen der Kammer —, ihre Würdigung und Weiterentwicklung. Dr.-Ing. R. Wreden. IX, 130.
Schmiedepresse. V, 164; VI, 1, 26.
Schraubenpressen im Altertum. I, 106.
Schuhfabrikation. Beitrag zur Geschichte der mechanischen —. Dr. Rehe. III, 185.
Seekabelunternehmungen. Die historische Entwicklung der deutschen —. Dr. R. Hennig. I, 241.
Semmeringbahn. Der Einfluß des Baues der — auf die Gebirgslokomotive. Dr. techn. Rudolf Sanzin. IV, 333.
Sicherheitszünder. Der Bickfordsche — und die Errichtung der ersten Sicherheitszünderfabrik in Deutschland. Hugo Fischer. VI, 55.
Spitzenfabrikation. IV, 67.
Sprengstoff. VIII, 28.
Stickstoff. VIII, 31.
Strahlapparate. I, 202.
Straßenbahnwagen. Die Entwicklung der —. H. Bombe. V, 214.
Straßenbau. IV, 196.
Technikgeschichte, Allgemeine. Beiträge zur außereuropäischen und vorgeschichtlichen Technik. Dr.-Ing. Hugo Theodor Horwitz. VII, 169.
Technische Deputation für Gewerbe, Geschichte der Königlich Preußischen —. Zur Erinnerung an das 100jährige Bestehen (1811—1911). C. Matschoß. III, 239.
Technisches Schulwesen. III, 256.
Telegraphie, optische. I, 270.
Textilindustrie. Die Förderung der — durch Friedrich den Großen. C. Matschoß. IV, 309.
Tunnelbau. II, 212.

- Vakuumverdampfung.** Die Entwicklung der — Dr.-Ing. K. Thelen. I, 118.
- Ventilatoren.** II, 209.
- Verkehrswesen.** VII, 182.
- Waffen.** VII, 184, 188.
- Walzwerke.** I, 28; IV, 103.
- Wasserbau.** V, 12; IX, 130.
- Wasserhaltungen.** I, 2; VIII, 176.
- Wasserhebevorrichtungen.** Über Vorrichtungen zum Heben von Wasser in der islamischen Welt. Dr. E. Wiedemann und Dr. techn. F. Hauser. VIII, 121.
- Wasserhebwerke (Maschinen von Marly).** III, 131.
- Wasserkraftmaschinen (von Marly).** III, 131. — V, 64; VI, 80.
- Wassermühlen.** V, 34.
- Wasserstoff.** VIII, 32.
- Werkzeuge (Bergbau).** VIII, 163. — (Bohrer). IV, 274.
- Wellrohre.** I, 72.
- Werkzeugmaschinen.** Beiträge zur Geschichte der —. Dr.-Ing. Hermann Fischer. III, 84, 223; IV, 105, 274, 292; V, 73, 148, 273; VI, 1.
- Der deutsche — -und Werkzeugbau im 19. Jahrhundert. Dipl.-Ing. B. Buxbaum. IX, 97.
- Aus der Entwicklungsgeschichte des deutschen — baues. O. Engelhard. IX, 169.
- Windmühlen.** V, 39.
- Zahnräder.** Die Entwicklung der —. O. Kammerer. IV, 242.
- Zentr.lheizung.** Zur Geschichte der — bis zum Übergang in die Neuzeit. Hermann Vetter. III, 276.
- Zentrifugalpumpen.** II, 205.
- Ziehbänke.** III, 229.
- Zündschnuren.** VI, 55.

Verfasserverzeichnis.

- Ambrohn, Prof. Dr. L., Göttingen. IX, 1.
- Baumann, Prof. R., Stuttgart. IV, 147.
- Beck, Prof. Dr. Dr.-Ing. L., Biebrich. II, 83; III 86.
— Prof. Dr.-Ing. Th., Darmstadt. I, 84, 182; II, 64; III, 163.
- Blaum, Regierungsbaumeister a. D. R., Bremen. VIII, 35.
- Bombe, H., Berlin. V, 214.
- Buxbaum, Dipl.-Ing. Bertold, Charlottenburg. IX, 97.
- Dickinson, H. W., Ingenieur am Science Museum in South Kensington, London. III, 215.
- Engel, Oberinspektor F. R., Wien. VIII, 94.
- Engelhard, Kommerzienrat Otto, Berlin. IX, 169.
- Ergang, Carl, Prof. d. Staatswissenschaften, Quedlinburg. II, 78; III, 131.
- Fischer, Prof. Dr.-Ing. Hermann, Hannover. I, 176, III, 61; IV, 274; V, 73; VI, 1.
— Professor Hugo, Dresden. IV, 63; VI, 55.
- Freytag, L., Dr.-Ing., Nürnberg. VII, 25.
- Fuchs, Dr. techn. Hugo, Prag. IV, 196; V, 230; VII, 82.
- Gängl v. Ehrenwerth, Hofrat Dr.-Ing. h. c. Josef, o. ö. Prof. der k. k. Montanistischen Hochschule in Leoben. VI, 95.
- Günther, Prof. Ing. A., Pilsen. V, 230.
- Hassenstein, Militärbaumeister Dipl.-Ing. Wilhelm, Spandau. IV, 27.
- Hauser, Privatdozent, Dipl.-Ing. Dr. phil. u. Dr. techn. VIII, 121.
- Häuser, Prof. Dr.-Ing. VII, 127.
- Hendrichs, Obering. Franz, Charlottenburg. VII, 84.
- Hennig, Dr. Richard, Berlin. I, 241; IV, 113; VI, 35; VIII, 100.
- Hermann, Ingenieur Hans. VIII, 64.
- Hilliger, Dipl.-Ing. Dr. jur. Berlin. VII, 62.
- Hönigsberg, Ingenieur O., Wien. II, 271.
- Hoppe, Prof. Dr. Edm., Nien-dorf b. Hamburg. I, 145.
- Horwitz, Dr.-Ing. Theodor, Wien. VII, 169.
- Illies, Oberingenieur, Königshütte. III, 79.
- Kammerer, O., Charlottenburg. IV, 242.
- Keller, Geheimrat Prof. Dr. München. II, 58; III, 20; IV, 79; V, 54; VI, 79; VII, 43, 110.
- Koehne, Prof. Dr. Carl, Berlin. V, 27.
- Körting, Dr.-Ing. Ernst, Pegli bei Genua. I, 200.
- Krebs, Ingenieur Erich, Elbing, III, 147.
- Kruse, Dr. Hans, Siegen. VIII, 117.
- Kugler, Oberingenieur, Gustavsburg. IX, 53.
- Leimbach, Dr. G., Göttingen. II, 294.
- Linde, Geheimer Rat Prof. Dr. Dr. Ing. e. h. Carl von, München. VIII, 1.
- Lohse, Dipl.-Ing. U., Aachen. II, 90.
- Matschoß, Prof. Dipl.-Ing. C., Berlin. I, 1, 53, 251; II, 148; III, 239; IV, 1, 96, 309; V, 174, 244; VII, 1.
- Merckel, Baurat Curt, Hamburg. III, 1.
- Meyer, Prof. Dr. Eugen, Charlottenburg. I, 108.
- Moll, Dr.-Ing. F., Berlin. IX, 41.
- Mueller, Otto H., London. I, 36.
- Neumann, H., Berg.-Gladbach. I, 212.
- Nolte, W., Hannover. VI, 152.
- Oechelhaeuser, Dr. Wilhelm von, Dessau. VI, 109.
- Pistor A., Schmalkalden. IX, 69.
- Rehe, Gewerbeassessor Dr., Breslau. III, 185.
- Reichert, Dr., Duisburg-Ruhrort. II, 236.
- Rieppel, Dr.-Ing. h. c. u. Dr. phil. h. c. A. von, Nürnberg. VII, 25.
- Rudloff, Wirkl. Geh. Oberbaurat Prof. J., Berlin. II, 1.
- Sanzin, Dr. techn. Rudolf, Wien. IV, 333; V, 157.
- Stur, cand. jur. Dr. phil. Ingenieur J., Wien. V, 124.
- Stübe, Prof. Dr. R., Leipzig. VIII, 56, 82.
- Thelen, Dr.-Ing. K. I. 118.
- de Thierry, Geh. Baurat Prof. G., Berlin. V, 1.
- Thomälen, Prof. Dr. Adolf, Karlsruhe. VII, 134.
- Treptow, Geh. Bergrat E., Freiberg i. Sa. VIII, 155.
— Geh. Regierungsrat W. Charlottenburg. V, 143.
- Vetter, Hermann, Berlin. III, 276.
- Vogel, Ingenieur Otto, Düsseldorf. V, 298.
- Wiedemann, Geh. Hofrat Prof. Dr. E., Erlangen. VIII, 121.
- Wreden, Landesbaumeister Dr.-Ing. Richard, Hannover. IX, 130.