

Anleitung zu den Physiologischen Übungen

für Studierende der Medizin

Von

Wilhelm Trendelenburg

Mit 31 Abbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1938

Anleitung zu den Physiologischen Übungen

für Studierende der Medizin

Von

Wilhelm Trendelenburg

Mit 31 Abbildungen



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1938

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

**Copyright 1938 by Springer-Verlag Berlin Heidelberg
Ursprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin 1938**

ISBN 978-3-662-31475-3 ISBN 978-3-662-31682-5 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-31682-5

Dem Andenken seines Lehrers

Johannes v. Kries

in Dankbarkeit gewidmet.

Vorbemerkungen.

Das vorliegende Praktikum entstand dem Inhalt nach aus dem vielfach bewährten und vorbildlichen, im Jahre 1901 eingerichteten Praktikum von v. KRIES in Freiburg i. Br. Ich selber richtete Praktika völlig neu ein in Innsbruck (1911), Gießen (1916, dort auch den physiologisch-chemischen Teil), Tübingen (1917) und Berlin (1927). In Tübingen entstand meine eigene als Handschrift gedruckte Textabfassung. Sie wurde für das Berliner Institut mehrmals neu aufgelegt, stets als Handschrift gedruckt. Bei der Niederschrift ging ich von einem anderen Gesichtspunkt aus, als v. KRIES. War dessen von mir mit Abbildungen versehene Anleitung, welche später v. SKRAMLIK (mit einigen Zusätzen und Änderungen) herausgab, mehr vom beschreibenden Standpunkt aus abgefaßt, so stand bei mir die möglichst knapp gehaltene Anweisung zur Durchführung der Versuche im Vordergrund.

Den Stoff der Übungen von v. KRIES (Ausgabe von 1911) Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 30 und 31 findet man in der vorliegenden Anleitung wieder, im einzelnen vielfach abgeändert und ergänzt. Außer diesen Zutaten sind eigene Ausarbeitungen die Praktika 11 (physikalisch-chemische Beobachtungen am Blut), 13 (Gasanalyse¹), 14 (Blutgase), 16 (Gesamtgaswechsel), 18 (Tierkalorimeter²), 21 (Chronaxie), 27 (Sehschärfe), 30 (Binokularsehen), 29 (Dunkeladaptation), 31 (Gehörsinn, statische Organe), 32 (niedere Sinne).

Nunmehr habe ich mich entschlossen, meine Anleitung im Buchhandel erscheinen zu lassen. Dem Herrn Verleger danke ich für die sehr entgegenkommende Übernahme und schöne Ausstattung der kleinen Schrift. Die Abbildungen wurden mit Ausnahme von Abb. 10, welche mit geringfügiger Abänderung einer Arbeit von R. WAGNER² entnommen ist, alle von mir gezeichnet und vom Zeichner des Verlags einheitlich ausgeführt. Die möglichst einfachen und nur das Wesentliche enthaltenden Strichzeichnungen sollen den Studierenden anregen, sie einzuüben, sowie selbständig ähnliche Zeichnungen zu entwerfen.

¹ Vgl. Z. Biol. 72, 1920, 141.

² Vgl. Z. Biol. 82, 1924, 114. Zum Vorbild eines von mir in Innsbruck mit Hilfe von Thermosflaschen gebauten recht brauchbaren Mäusekalorimeters diente ein von v. KRIES für die Vorlesungen benutztes Kaninchenkalorimeter, aus Blech gebaut, nach dem Prinzip v. KRIES-D'ARSONVAL.

Es ist nicht beabsichtigt, im Text, der möglichst knapp gefaßt wurde, eine vollständige Darstellung aller methodischen und technischen Einzelheiten zu geben, oder gar die zu beobachtenden Erscheinungen zu beschreiben. Es wird vorausgesetzt, daß die Teilnehmer sich auf den Stoff vorbereiten. Im übrigen sollen sie eben beobachten lernen. Der Durchschuß mit weißen Blättern hat sich uns seit vielen Jahren sehr bewährt zur geordneten Aufschrift der Ergebnisse von Beobachtung und Messung, sowie der Erläuterungen des Praktikumleiters.

Die Teilnehmer sind in Gruppen eingeteilt. In jedem der vier großen Praktikumsäle werden 10 Gruppen mit gleichem Stoff an 10 Aufstellungen gleicher Art unterrichtet. In jedem Saal wird ein anderer Gegenstand unterrichtet. Es kann daher nicht für alle Teilnehmer die Reihenfolge eingehalten werden, in welcher die Anleitung abgefaßt ist.

Das physiologisch-chemische Praktikum wird im physiologisch-chemischen Institut gegeben. Der in § 7 (3) der Prüfungsordnung für Ärzte für die ärztliche Vorprüfung geforderte Nachweis eines „Physiologischen Praktikums“ besteht also nach dieser Unterrichtsverteilung aus zwei getrennten Nachweisen, die auch in zwei verschiedenen Semestern erworben werden können. Das *physiologische Hauptpraktikum* wird wöchentlich zweimal zweistündig abgehalten. Der Stoff ist auf 31 Einzelpraktika verteilt, von denen im kürzeren Sommersemester einige ausfallen müssen. Vor fast 10 Jahren habe ich in Berlin eine zusätzliche Unterrichtsveranstaltung eingerichtet, das *Ergänzungspraktikum*. Es findet wöchentlich einmal zweistündig statt, und zwar völlig gebührenfrei. Manche der hier unter der Überschrift „bei übriger Zeit“ angegebenen Aufgaben werden im Ergänzungspraktikum ausführlicher behandelt und im Hauptpraktikum fortgelassen. Immerhin ist es für den Studierenden von Wert, schon in der Anleitung des Hauptpraktikums auf weitere Methoden kurz hingewiesen zu werden. Bedauerlicherweise ist es sehr schwer, für das Ergänzungspraktikum eine allen Studierenden, die teilnehmen möchten — und ihre Zahl ist erfreulich groß — passende Zeit zu finden. Immerhin hatten wir im Ergänzungspraktikum schon über 100 Teilnehmer. Die Übungsaufgaben gehen dort zum Teil noch tiefer in Fragen der Physiologie des Menschen und in klinische Fragen hinein, zum Teil behandeln sie Methoden von noch größerer Genauigkeit. Aber auch die Aufgaben des Hauptpraktikums werden mit Einrichtungen gelöst, die bei hinreichender Übung einen recht beträchtlichen Grad von Genauigkeit des Ergebnisses ermöglichen. Für den angehenden Arzt ist es sehr wichtig, neben der Beobachtung der

Art des Vorgangs von vornherein die Messung seiner *Größe* zu erlernen. Den Stoff des Ergänzungspraktikums, der im übrigen öfters gewechselt und erneuert wird, hoffe ich in einer später erscheinenden besonderen Schrift wiedergeben zu können, welche an diese Anleitung anschließen soll.

Wer meine Ansicht über die Bedeutung der Physiologie für die Medizin, über die Aufgaben des physiologischen Unterrichts, insbesondere den praktischen Unterricht, über die Frage des Werts von Versuchen an niederen Tieren erfahren will, sei auf meine früheren Ausführungen¹ hingewiesen. Hier sei nur noch hinzugefügt, daß eine Anleitung zu physiologischen praktischen Übungen immer ein eigenes Gesicht haben wird. Mir scheint, es kommt weniger darauf an, was im einzelnen der Studierende selbst ergründet, als daß er an Beispielen den allgemeinen Weg physiologischer Forschung und ihrer Anwendung auf ärztliche Fragen be greift.

Es wäre sehr erwünscht, wenn die Studierenden mit durchschnittlich besseren Physikkenntnissen zum physiologischen Unterricht vorbereitet wären. Auch nach Einführung der Teilung der ärztlichen Vorprüfung ist der Mangel sehr fühlbar. Es liegt das größtenteils daran, daß noch immer die Einführung eines pflichtmäßigen physikalischen Praktikums für Mediziner aussteht, während das chemische Praktikum seit langem eingeführt ist. Aus diesem Grunde habe ich eine rein physikalische Übungsaufgabe auch weiterhin beibehalten. Es sei auch hier darauf hingewiesen, daß ein physikalisches Praktikum keineswegs eine Mehrbelastung bedeutet, wie vor einem Jahrzehnt einmal als Antwort auf meine Bemühungen behauptet wurde, sondern im Gegenteil eine große Erleichterung. Die Anzahl der Vorlesungsstunden kann dafür entsprechend gekürzt werden, so daß in gleicher Zeit ein größerer Unterrichtserfolg erzielt wird. Der angehende Arzt muß eben in erster Linie in der *Anschaung* unterwiesen werden, von dem Standpunkt des anschaulichen Erfassens aus in das Verständnis eindringen. Dabei muß jede Überspannung der Anforderungen im Physikunterricht ebenso vermieden werden, wie im Unterricht der Chemie. Aber gründliche Kenntnisse des Wesentlichen müssen

¹ TRENDLEBURG, W.: Die vergleichende Methode in der Experimentalphysiologie, Jena 1913. — Arzt und Mediziner, Klin. Wschr. 1927, Nr. 11. — Naturwissenschaft und Heilkunde, Klin. Wschr. 1928, S. 2452. — Die Aufgaben des physiologischen Unterrichts in der ärztlichen Ausbildung, Medizin. Klinik 1930, Nr. 20. — Die Beziehungen der Physiologie zur Physik, Nov. Acta Leop. N. F. 2, Halle 1934. — Praktisch wichtige Fragen, Methoden und Ergebnisse der neueren Physiologie, Jahreskurse f. ärztl. Fortbildung 1937, Septemberheft.

vorliegen. Besonders empfohlen seien dem Studierenden die Lehrbücher der Physik von LENARD, von POHL und von WESTPHAL.

Man wird an einigen Stellen in dieser Anleitung etwas mehr Übungsstoff finden, als in nur zweimal zwei Wochenstunden in nur einem Semester durchgenommen werden kann. Auch ich bin der Ansicht, daß die der Physiologie zugemessene Unterrichtszeit zu knapp ist. Aber auch bei der zur Verfügung stehenden Zeit ist es gut, für alle Fälle etwas mehr Stoff vorzusehen, weil die einzelnen Gruppen die Aufgabe etwas verschieden schnell erfassen und gut durchführen, und weil vielleicht gelegentlich aus äußeren Gründen einmal, etwa wegen vorübergehendem Mangel an Versuchstieren, die eine oder andere Aufgabe ganz oder teilweise ausfallen muß. Dem Studierenden kann aber nur geraten werden, auch die ausgefallenen Aufgaben an Hand der Anleitung und des in der Vorlesung Gesehenen und Gelernten durchzuarbeiten.

Vor allem gilt es, sich selber von dem im Praktikum bearbeiteten Stoff und erarbeiteten Anschauungen und Vorstellungen Rechenschaft zu geben. Am besten ist es, wenn der Studierende, wie es erfreulicherweise manche schon taten, an Hand einer vorläufigen Aufschrift zu Hause eine Reinschrift des Versuchsberichts auf die weißen Blätter der Anleitung einträgt. Nur das Selbsterarbeitete hat Wert. Die Benutzung von Anleitungen, welche von anderen in vorangehenden Semestern benutzt und mit Eintragungen versehen sind, ist dem Verständnis nur durchaus hinderlich. Eine Anleitung mit *eigenen* Eintragungen über die Versuche ist hingegen dem Studierenden noch sehr nützlich, wenn er sich bei Abschluß des Studiums nochmals mit angewandter Physiologie beschäftigen muß, in welcher er vom Fachphysiologen geprüft wird (pathologische Physiologie der ärztlichen Prüfung). Ebenso unerwünscht ist das Mitbringen physiologischer Lehrbücher in die Übungsstunden.

Bei den eingestreuten Fragen ist keine Vollständigkeit angestrebt worden. Es soll vielmehr zu eigener weiterer Fragestellung zum Zweck selbständiger Beantwortung angeregt werden.

Im einzelnen sei noch folgendes bemerkt:

Die Anleitung muß stets schon *vor* dem Praktikum genau durchgelesen worden sein.

Operationsbestecke werden den Studierenden geliefert. Diese haben für Erhaltung des Bestandes zu sorgen, sowie für Reinigung unmittelbar nach Gebrauch. Ebenso haben die Studierenden darauf zu achten, daß die vielfach leicht zerbrechlichen Einrichtungen, in denen nicht unbeträchtliche Mittel angelegt sind, sehr schonend behandelt werden. Dafür braucht der einzelne Stu-

dierende nicht für das aufzukommen, was er doch etwa zerbricht.

Alle hier beschriebenen und verwendeten Einrichtungen, für welche die Abbildungen nur das Wesentliche in schematischer Darstellung geben, können von der Werkstätte des Instituts bezogen werden. —

Meinen zahlreichen Mitarbeitern, unter denen ich die Herren Assistenten, Professoren und Dozenten E. BASS, R. WAGNER, E. HOLZLÖHNER, E. SCHÜTZ, H. SCHRIEVER, B. LUEKEN besonders hervorheben möchte, danke ich für manche wertvollen Anregungen, die sich im Laufe jahrelanger Zusammenarbeit ergaben.

Es würde mich freuen, wenn die Anleitung geeignet wäre, auch anderwärts zur Vertiefung des Lehrerfolges beizutragen.

Berlin, im November 1937.
Physiologisches Institut.

W. TRENDELENBURG.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorbemerkungen	V
1. Einführung. Methodisches	1
2. Beobachtungen am freigelegten Froschherzen	2
3. Einwirkung verschiedener Temperaturen auf die Herztätigkeit, Suspensionsmethode nach ENGELMANN	5
4. Herzreizung mit Induktionsströmen	7
5. Durchspülung des Herzens mit Salzlösungen nach KRONECKER	9
6. Wirkung der Vagusreizung auf das Froschherz	12
7. Versuche über Flüssigkeitsströmung in Röhren. (Hagen-Poiseuille- sches Gesetz, Bestimmung der Reibung)	14
8. Mikroskopische Beobachtung des Kreislaufs beim Frosch	15
9. Messung des Blutdrucks, Aufschreibung des Pulses am Menschen	17
10. Zählung der roten Blutkörperchen.	18
11. Physikalisch-chemische Beobachtungen am Blut	19
12. Hämoglobinbestimmung, Spektroskopie des Bluts	20
13. Atmovolummessung, Atemdruckmessung, Gasanalyse	22
14. Blutgase	24
15. Gesamtgaswechselbestimmung nach REGNAULT-REISET am Meer- schweinchen	25
16. Gesamtgaswechselbestimmung am Menschen	28
17. Verbrennungskalorimetrie	29
18. Tierkalorimetrie. Berechnung von Nahrungszusammenstellungen nach dem Kostmaß. Kaloriengehalt des Kostmaßes	30
19. Grundversuche aus der Elektrizitätslehre	32
20. Nervenreizung mit dem galvanischen Strom	34
21. Nervenreizung mit Induktionsströmen. Chronaxiebestimmung mit kurzdauerndem konstanten Strom.	38
22. Graphische Untersuchung der Muskelzuckung	40
23. Ruhe- und Aktionsstrom am Muskel (Herz- und Skelettmuskel)	42
24. Reflexe. Reaktionszeiten	45
25. Dioptrik I (Brillen, Akkomodation, Refraktion)	47
26. Dioptrik II (Pupille, Sehschärfe, Augenspiegel)	50
27. Farbensinn	52
28. Perimetrie. Dunkeladaptation	54
29. Binokulares Sehen	56
30. Gehörsinn. Statische Organe	59
31. Hautsinne. Geruchsinn. Geschmacksinn	60

Abbildungsverzeichnis.

	Seite
Abb. 1. Freigelegtes Froschherz, Bauchseite	3
Abb. 2. Froschherz, in zwei Phasen seiner Tätigkeit	4
Abb. 3. Froschherz, nach vorn umgeklappt	4
Abb. 4. Anordnung zur Suspensionsaufschrift der Herztätigkeit	6
Abb. 5. Gerät nach KRONECKER zur Durchspülung des Herzens	9
Abb. 6. Freilegung des Herzens und des Nervus vagus	12
Abb. 7. Gerät zur Gasanalyse	23
Abb. 8. Verfahren zur Bestimmung des Gesamtgaswechsels nach REGNAULT und REISET	26
Abb. 9. Verbrennungskalorimeter nach STOHMANN—v. KRIES	29
Abb. 10. Tierkalorimeter	31
Abb. 11. Anordnung zur Bestimmung eines Widerstandes mit der WHEATSTONESchen Brücke	33
Abb. 12. POGGENDORFFs Kompensationsmethode zur Messung einer elektromotorischen Kraft	33
Abb. 13. Anordnung zur Reizung des Nerven mit dem konstanten Strom	35
Abb. 14. Muskeln des Froschbeins, Rückseite	35
Abb. 15. Muskeln des Froschbeins, Vorderseite	36
Abb. 16. Anordnung des Nervenmuskelpräparats am Stativ	37
Abb. 17. Schaltung für den Chronaxieversuch	39
Abb. 18. Anordnung zur Messung der Potentialdifferenz am verletzten Muskel	44
Abb. 19. Saitengalvanometer von EINTHOVEN	44
Abb. 20. Strahlengang bei Rechtsichtigkeit, Kurzsichtigkeit und Weit- sichtigkeit	47
Abb. 21. Ausgleich der Kurzsichtigkeit durch eine Zerstreuungslinse	48
Abb. 22. Strahlengang bei Astigmatismus	49
Abb. 23. Strichzeichnung zur subjektiven Prüfung auf Astigmatismus	49
Abb. 24. Bildkonstruktion für das einfache optische System	50
Abb. 25. Strahlengang beim Augenspiegeln	52
Abb. 26. Farbentafel, nach v. KRIES	53
Abb. 27. Helligkeitswerte des Spektrum im Tagessehen und Dämme- rungssehen	55
Abb. 28. Gerät zur subjektiven Messung des Augenabstandes	56
Abb. 29. Fiktives Mittelauge	56
Abb. 30. Beidäugige perspektivische Projektion eines Gegenstandes	57
Abb. 31. HELMHOLTZscher Dreistäbchenversuch zur Messung der Tiefen- wahrnehmungsschärfe	58

1. Praktikum.

Einführung. Methodisches.

A. Einführung.

1. *Zweck* und *Einrichtung* der Übungen. Beziehung zu den physiologischen Vorlesungen und zum physiologisch-chemischen Praktikum. Beziehungen zum klinischen Unterricht und zu späterer ärztlicher Tätigkeit.

2. *Einteilung* der Teilnehmer in Abteilungen und Gruppen.

3. Allgemeines über *Tierversuch*.

Es wird besprochen: Behandlung von Tieren. Schonendes Verfahren zur Tötung der Tiere. Versuche an überlebenden Organen. Versuche am ganzen Tier. Tiernarkose: Injektionsnarkose und Inhalationsnarkose. Die bei den einzelnen Tierarten angewendeten Mittel, insbesondere die Anwendung von Urethan ($\text{H}_2\text{N} \cdot \text{CO} \cdot \text{OC}_2\text{H}_5$) am Frosch. Urethan hat sich uns seit etwa 35 Jahren zur Froschnarkose im Praktikum sehr bewährt. Trotz tiefster Narkose bleibt Gefäßtonus und Herztätigkeit unverändert.

Die gesetzlichen Bestimmungen des Tierschutzes.

B. Methodisches.

Obleich die biologische Beobachtung im Vordergrund stehen soll, ist es doch zweckmäßig, zunächst die Verfahren zur *Aufschrift von Bewegungsvorgängen* kennenzulernen und einzuüben, weil dann die späteren Versuche besser gelingen und die Anzahl der verwendeten Tiere wesentlich herabgesetzt wird.

1. Einleitende *Besprechungen* über Zweck und Prinzip der Anwendung von Hebel und Schreibfläche. Was ist ein Hebel? Wieviel Arme? Wozu wird der Hebel in Physik und Technik verwendet? (Kraftgewinn auf Kosten von Weg.) Wozu in der Physiologie? (Weggewinn auf Kosten von Kraft.) Bedingungen für Zuverlässigkeit der Aufschrift. Verschiedene Arten von Schreibflächen je nach dem besonderen Zweck. Prinzip der Zeitbestimmung mittels graphischer Methode, Versuchsanordnung für die Verwendung des Schreibmagnets. Feststellung des Sekundenwertes des Millimeters (1 mm Kurvenlänge entspricht wieviel Sekunden teilen?).

Vorsicht, daß die dünnen (warum?) Hebel nicht zerbrechen, der Ruß vom Trommelpapier nicht abgewischt wird. Vorsichtsmaßregeln für die Behandlung von Stromquellen (Vermeidung von Kurzschluß und von Erschütterungen der Akkumulatoren, u. a. m.).

2. Praktische Arbeiten:

Untersuchung der Übungskymographien, Einstellungsmöglichkeiten für langsamen und schnellen Gang. Zeitaufschrift für verschiedene Geschwindigkeiten (auch mit und ohne Windflügel) mittels eines für alle Gruppen gemeinsamen Stromkreises mit Sekundenunterbrecher und Schreibmagnet. Prüfung des Sekundenunterbrechers mit der Taschenuhr. Die Sekundenwerte für 1 mm (s. oben) werden für verschiedene Trommelgeschwindigkeiten ausgerechnet und in einer Tabelle übersichtlich zusammengestellt. Die Ergebnisse werden durch Ermittlung der Umdrehungszeit der Trommel und ihres Umfangs (aus dem Radius berechnet) nachgeprüft.

Herrichtung der Trommeln mit Federantrieb für schnelle einmalige Umdrehung. Zeitaufschrift mittels elektromagnetischer Stimmgabel von 100 Schwingungen pro Sekunde. Ausrechnung des Sekundenwertes.

Abschneiden des Kurvenblattes (Vorsicht!), Fixieren der Kurven nach Aufschrift der Abteilungs- und Gruppennummer. Aufhängen der Kurvenblätter am Trocknungsgestell. Trommeln neu beziehen und berußen.

Bei übriger Zeit: Stromschlüssel, Stromwender, Umschalter, Induktionsapparat, Schaltung von Stromkreisen zu Reizzwecken.

2. Praktikum.

Beobachtungen am freigelegten Froschherzen.

Beobachtung, ob der Herzschlag durch die Brustwand hindurch sichtbar ist.

Es wird das *Herz am narkotisierten* Frosch unter möglichst normalen Bedingungen *beobachtet*.

Alle Operationen (Unterschied zwischen Operation und Präparation!) werden ohne Messer gemacht. Bei den Beobachtungen lasse man sich Zeit. Es kommt darauf an, möglichst genau und eingehend zu beobachten. Alle Beobachtungen, Zeichnungen u. dgl. sind übersichtlich auf die Zwischenblätter der Anleitung einzutragen. (Vorübung der Niederschrift von klinischen und ärztlichen Beobachtungen!)

1. Frösche (große Wasserfrösche, *Rana esculenta*) mit Urethan *narkotisieren* (1 ccm einer 25 % Urethanlösung je 50 gr Frosch).

Die Lösung wird durch einen kleinen in Armhöhe etwas seitlich der Mitte angebrachten Schnitt in den Rückenlymphsack gebracht (ausgezogenes Glasrohr benutzen). Beobachtung des Narkoseablaufes, Verhalten von Umdrehreflex und Atmung. *Herzfreilegung*: Frosch in Rückenlage auf Glasplatte. Hautlängsschnitt genau in der Mittellinie von dem unteren Ende des durchfühlbaren Brustbeins bis zum Kieferwinkel. Spaltung des Brustbeins genau in der Mittellinie ermöglicht die Herzfreilegung ohne Blutverlust. Man beachte die Bauchdeckenvene und schneide in den kaudalen Teil des Brustbeins (Hyposternum) etwas von der Seite her, die Vene umgehend, ein und führe den Schnitt kopfwärts genau in der Mittellinie durch. Achtung auf das Herz, welches nicht verletzt werden darf. Frosch nun auf die auf einem Holzklotz liegende kleinere Glasplatte (auf Schale mit Eisstückchen) legen, die Brustbeinränder mit gewichtbeschwerten Haken auseinanderziehen. Vorsichtige Schlitzung des Herzbeutels, ohne das Herz zu berühren. Achtung auf Umschlagstelle des Herzbeutels an den Gefäßen.

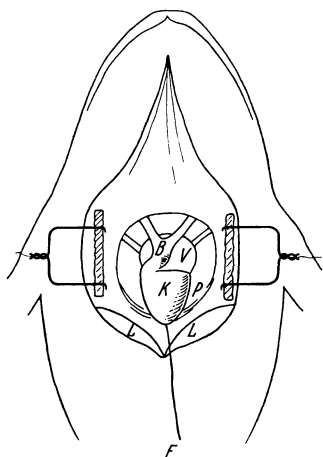


Abb. 1. Freigelegtes Froschherz, Bauchseite. *B* Bulbus, *V* Vorhof, *K* Kammer, *P* Perikard, *L* Leber, *F* Faden am Herzbändchen.

2. Genaue *Beobachtung* des freiliegenden *Herzens* in seinen einzelnen Abschnitten und der Veränderungen ihrer Form (Abb. 1). Zeichnung des ganzen Herzens für den Zustand der Systole und Diastole der Kammern herstellen (Beispiel in Abb. 2). Beobachtung der Blutförderung, der Farbenänderungen an den Herzteilen; aktive und passive Weitenänderungen der Gefäße und Herzabschnitte. Füllung der schon erschlafften Kammer durch die Vorkammerzusammenziehung. Verschiebung der Kammer-Vorhofgrenze und der Kammerspitze.

3. Bestimmung der *Frequenz des Herzschlages* mit der Uhr, getrennt für Kammern und Vorkammern, sowie Bulbus arteriosus. Bestimmung des Zeitintervalles zwischen Vorhof- und Kammer-tätigkeit, sowie zwischen Kammer und Bulbus durch Zeitschätzung nach den $\frac{1}{5}$ -Sekunden der Taschenuhr.

4. Beobachtung des *Sinus* und der *Venen* nach Anbinden des

sog. Gefäßbändchens (die Perikardblätter verbindend) mit Faden, der mit Ösennadeln geführt wird. Nicht Zerren beim Zubinden!

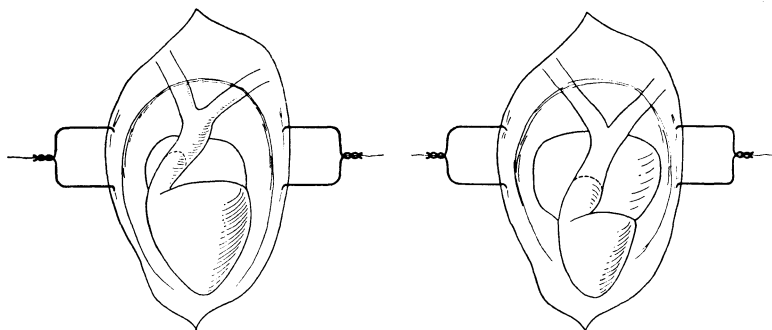


Abb. 2. Froscherz, in zwei Phasen seiner Tätigkeit. Links: Vorhofsystole, Kammerdiastole, Bulbussystole. Rechts: Vorhofdiastole, Kammerystole, Bulbusdiastole.

In der ersten Phase wird die Kammer vom Vorhof aus gefüllt, in der zweiten entleert sie sich nach dem Bulbus hin, den sie unter Druck anfüllt.

Das Herz wird kopfwärts geklappt (Abb. 3), der Sinus und die Venen beobachtet und gezeichnet. Bestimmung der Sinusfrequenz und des Zeitintervalls Sinus-Vorhof mit der Uhr.

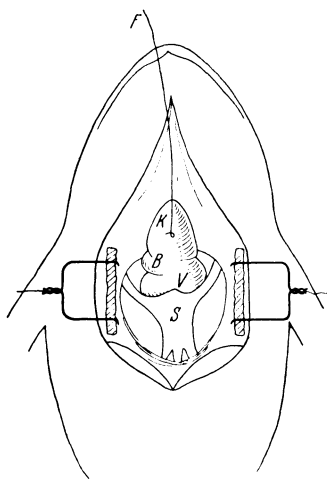


Abb. 3. Froscherz, nach vorn umgeklappt. F Faden am Gefäßbändchen, K Kammer, B Bulbus, V Vorhof, S Sinus.

5. *Stannius'sche Ligaturen*. Bei der *ersten* Ligatur wird ein Faden unter den Trunci arteriosi (s. Abb. 1) durchgeführt, die Schlinge nach Umklappen des Herzens hart am Sinusrand durch den Vorhof gehend zugezogen. Es ist aber vorzuziehen, die Abbindung durch Abschneiden zu ersetzen. Der Schnitt ist durch den Vorhof hart an der bogenförmigen Sinusgrenze zu führen. Das ausgeschnittene stillstehende Herz (der zurückbleibende Sinus ist zu beobachten) wird auf Korkplättchen gelegt, die Dorsalseite nach oben. Beobachtung des Verhaltens der einzelnen Herzabschnitte ohne und mit Reizung von Vorhof oder Kammer durch Nadelstich. (Reizung der „Trichtergergend“, His' Bündel, an der Vorhof-Kammergrenze durch Nadelstiche s. u.) Be-

obachtung des Verhaltens der Herzabschnitte. Die *zweite* genau über die Vorhof-Kammergrenze gelegte Stanniussche Ligatur wirkt durch Bündelreizung. Besser ist es, die Reizung durch Nadelstich auszuführen: Durchstechen einer Nadel in der Mitte der Vorhof-Kammergrenze. *Dritte* Ligatur wird durch Scherenschnitt ersetzt, welcher von der Basis die äußeren zwei Drittel der Kammer abtrennt. Beobachtung der Teilstücke ohne und mit Nadelreizung.

6. *Freilegung der Lymphherzen.* Frosch in Bauchlage, Medianchnitt der Haut über dem Steißbein, fußwärts gegen die Schenkelinnenseiten verlängert. Zipfel der Haut ablösen und zur Seite klappen. Beobachtung der Lymphherzen mit Lupe, Zählung der Frequenz für die rechte und linke Seite getrennt. Verhalten bei Zerstörung des Rückenmarkes: Kopf abschneiden (starke Schere), stumpfe Sonde schnell in den Wirbelkanal einführen und einige Male hin- und herschieben. Beobachtung des Verhaltens der Lymphherzen.

Vergleich der Ergebnisse mit denen am Blutherzen.

7. Bei übriger Zeit:

Weitere Verwendung der Frösche zu *Präparationen* an den Muskeln und Nerven sowie an den Baueingeweiden, insbesondere dem Darm (Vorübung zu Praktikum 8, 20, 21, 22).

8. Zum Schluß *Säuberung* der zur Verwendung gestellten *Instrumente* und Einordnung in den Besteckkasten.

3. Praktikum.

Einwirkung verschiedener Temperaturen auf die Herztätigkeit, Suspensionsmethode.

Es wird zur genaueren Untersuchung des Herzrhythmus, insbesondere in seiner Abhängigkeit von Temperatureinflüssen, die *Engelmannsche Suspensionsmethode* angewendet.

1. Bei Anwendung der graphischen Methode ist stets erst die ganze *Versuchsanordnung* (Abb. 4) aufzustellen, ehe das lebende Organ hergerichtet wird. Auf handliche Aufstellung aller Teile auf dem Tisch, auf richtige Höhenstellung des Hebels am Stativ, auf Horizontalstellung seiner Achse, auf gute Ausnützung aller Veränderungsmöglichkeiten der Versuchsaufstellung ist zu achten. Vorversuche anstellen über langsame Erwärmung der Kochsalzlösung im Becherglas in Stufen von genau 5° C.

2. *Präparation* des Herzens an dem ohne Blutverlust durch schnelles Zerstören des Zentralnervensystems (Eingehen am hinteren Schädelende) getöteten Frosch. Herzfreilegung wie im 2. Praktikum. Die Haut und das Brustbein werden wiederum genau in der

6 Einwirkung verschiedener Temperaturen auf die Herztätigkeit.

Mittellinie gespalten, damit die Beobachtungen des 2. Praktikums am blutgefüllten Herzen in Kürze wiederholt werden können. Anbindung des Gefäßbändchens. Herz durch einen durch Venen und Arterien weit vom Sinus entfernt geführten Schnitt herausschneiden und auf die kleine Korkplatte der Versuchsanordnung mit zwei Insektennadeln feststecken, die in den Vorhof nahe der Kammergrenze gestochen werden. An die Spitze der Kammer wird der kleine zum Hebel führende Haken befestigt. Wahl der geeigneten Hebelvergrößerung.

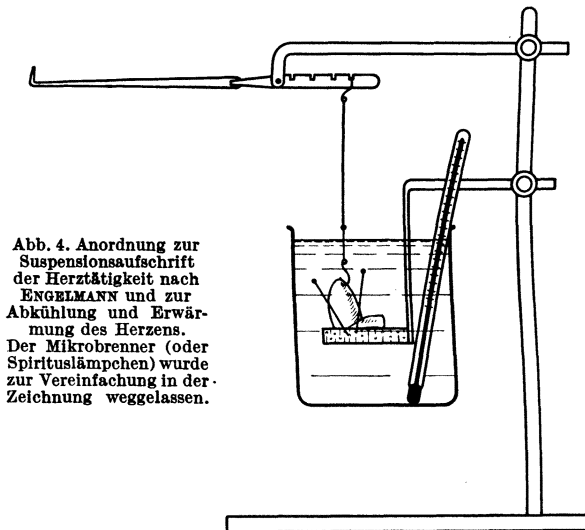


Abb. 4. Anordnung zur Suspensionsaufschrift der Herztätigkeit nach ENGELMANN und zur Abkühlung und Erwärmung des Herzens. Der Mikrobrenner (oder Spirituslämpchen) wurde zur Vereinfachung in der Zeichnung weggelassen.

3. Bei den *Versuchen* über die Wirkung verschiedener Temperaturen bedächtig vorgehen! Erst Aufschrift bei Zimmertemperatur. Die Schreibspitze darf nur ganz zart anliegen, Einstellung durch leichtes Schieben am Stativfuß. Nun sollen die Apparate nicht mehr verschoben werden. Für jede Temperatur wird die Herztätigkeit etwa auf einer halben Umdrehung der Trommel aufgeschrieben, dann die Trommelbewegung abgestellt, die weitere Temperaturerhöhung vorgenommen, wieder an der gleichen Trommelseite für eine halbe Umdrehung aufgeschrieben, abgestellt, höher temperiert usw. Beginn mit auf Eis abgekühlter Salzlösung (Ringerlösung). Erwärmung stufenweise um je 5°C . Erwärmung der Salzlösung mittels kleiner Gasflamme; fortwährendes Umrühren mit kleinem, stabförmigem Thermometer, um zu verhindern, daß die vom Thermometer angezeigte Temperatur von

der Temperatur des Herzens verschieden ist. Von 25° ab Vorsicht wegen des möglichen Eintritts der Wärmelähmung. Bei Eintritt der *Wärmelähmung* wird bei Weitergehen der Aufschrift das Glas mit der warmen Salzlösung gesenkt und das Wiedereintreten der Herzschläge abgewartet.

4. *Wiederholung* des Versuches am Vorhof, Ermittlung der für diesen gültigen Wärmelähmungstemperatur. (Bei schon zu sehr geschädigtem Herzen neues Präparat, nur auf Anordnung des Versuchsleiters!)

5. Aufschrift des Vorganges der *Wärmestarre* an der Kammer mit Aufschreiben der steigenden Temperaturen auf der Trommel unter der Hebelspitze. Langsame Erwärmung von etwa 35° C ab, so daß auf je 1° etwa 5 cm Papierstrecke der Trommel kommen. Starke Hebelvergrößerung, schwache Belastung des Hebels, auf geringe Reibung an der Schreibspitze achten. Langsame Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel. Genaue Ermittlung der Temperatur, bei welcher Zusammenziehung der Kammer beginnt.

6. *Ausmessung* und Berechnung der Schlagfrequenzen für die einzelnen Temperaturstufen. Zusammenstellung in übersichtlicher Tabelle. Ermittlung des Frequenzverhältnisses für Temperaturabstände von je 10° C. (Sogenannte RGT.-Regel, Reaktionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur.)

7. Abschneiden und Fixieren der Kurven. Wurden die Kurven in der vorgeschlagenen Weise geordnet aufgeschrieben, so können sie, in senkrechte Streifen zerlegt, auf die Gruppenteilnehmer zum Einkleben in die Anleitung verteilt werden.

8. *Bei übriger Zeit*: Versuche über *isolierte Erwärmung* und *Abkühlung* einzelner Herzabschnitte, besonders Venensinus und Kammer. Anlegung passend geformter Glasröhren (einseitig geschlossen), die mit Eiswasser oder warmem Wasser (etwa 35° C) gefüllt sind, oder entsprechend geformter und temperierter Kupferstäbe.

4. Praktikum.

Herzreizung mit Induktionsströmen.

Es werden, wiederum bei Verwendung der Suspensionsmethode, am schlagenden Herzen durch *Extrareize* (Induktionsströme) Rhythmusstörungen gesetzt. Sodann wird an der stillgestellten Kammer die Refraktärphase untersucht.

1. Die graphische *Anordnung* ist die gleiche wie im vorigen Praktikum. Die Reizeinrichtung besteht aus: Primärkreis mit Akkumulator, Stromschlüssel, Primärspule des Induktionsappa-

rats, Schreibmagnet. Sekundärkreis: Sekundärspule mit Zuleitung zu den Reizklemmen. Man ordne nach einem zu zeichnenden Schema den primären und sekundären Stromkreis an. Statt des Akkumulators kann auch eine Taschenlampen-Batterie verwendet werden. Um frühzeitige Entladung zu verhindern, darf der Strom stets nur ganz kurze Zeit geschlossen werden. Prüfung der ganzen technischen Aufstellung auf richtige und zweckmäßige Anordnung aller Teile. Vorprobe der Stromwirkung: Zwei gut gefeuchtete Fingerkuppen der gleichen Hand werden an die Klemmschrauben der sekundären Spule gelegt und der Rollabstand festgestellt, bei welchem die Öffnungsinduktionsschläge eben deutliche Empfindung auslösen. In der Nähe dieses Rollabstandes ist auch die Herzreizung wirksam.

2. Freilegung des Herzens eines getöteten Frosches wie im 2. Praktikum. Ausschneidung des *Herzens* mitsamt dem Sinus. Lagerung auf dem Korkbänkchen und Feststecken wie im 3. Praktikum. Anbringen der mit den sehr dünnen Leitungsdrähten verlöteten Reizklemmen in die äußerste Schicht der Kammerwand ganz nahe an der Kammerspitze.

3. Bei fortlaufender Registrierung wird zuerst die spontan schlagende *Kammer* mit Sonderreizen versehen, die zu möglichst verschiedenen Zeiten bei den einzelnen Kontraktionen eintreffen sollen. Nach jeder Rhythmusstörung sollen mindestens zehn normale Herzkontraktionen vor der neuen Reizung abgewartet werden, da sonst keine Übersicht über das Gesetz der Rhythmusstörung möglich ist. Reizung durch einmaliges ganz schnell hintereinander erfolgreiches Schließen und Wiederöffnen des primären Stromes mit dem frei gehaltenen Handschlüssel.

4. Hierauf werden die Reizklemmen an den *Vorhof* angelegt und das Verhalten der Kammer bei Vorhofreizung aufgeschrieben. Gleichzeitig wird das Verhalten des Vorhofs durch bloße Beobachtung festgestellt. Auch kann der Vorhof mit dem Hebel verbunden werden.

5. Darauf Abschneiden des Sinus (Scherenschnitt durch den Vorhof). Reizung der nunmehr *stillstehenden Kammer* mit Schwellenreizen. Es werden je zwei Reize in wechselndem Zeitabstand angewendet und festgestellt, ob der zweite Reiz wirksam ist oder nicht (Bestimmung der Refraktärphase). Ferner kann der gleiche Versuch mit überschwelligem Reizen ausgeführt werden. Schließlich wird unter Anwendung wiederum von Schwellenreizen der Wagnersche Hammer-Unterbrecher benutzt und das Auftreten rhythmischer Kontraktionsreihen bei fortlaufender Reizung mit schwelennahen Reizen untersucht.

6. *Ausmessungen* der Rhythmusstörungen und der Refraktärphase.

7. *Bei übriger Zeit: Doppelsuspension* des Herzens. Anwendung von zwei Hebeln, je einer für Vorhof und Kammer. Wiederholung der Versuche mit Induktionsreizung. Versuche über Wirkung des konstanten Stromes, am spontan schlagenden Herzen und nach Abschneiden des Sinus.

5. Praktikum.

Durchspülung des Herzens mit Salzlösungen nach KRONECKER.

Es wird die *Abhängigkeit* des Herzschlages, insbesondere des von der Kammer geleisteten *Druckes*, von der Zusammensetzung der *Durchspülungsflüssigkeit* untersucht.

1. *Methode* (Abb. 5). Das Herz wird auf eine Kanüle aufgebunden, die in Verbindung mit zwei Gefäßen steht, welche verschiedene Salzlösungen enthalten. Die Tätigkeit des Herzens wird hierbei manometrisch untersucht, es werden also die Druckschwankungen aufgezeichnet. Das Manometer besteht aus einem U-

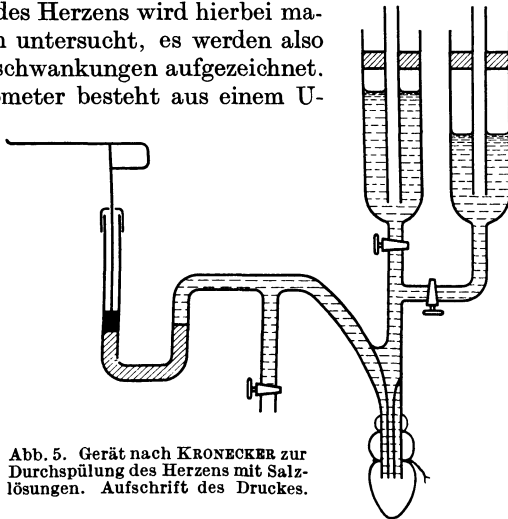


Abb. 5. Gerät nach KRONECKER zur Durchspülung des Herzens mit Salzlösungen. Aufschrift des Druckes.

Rohr, welches mit Quecksilber gefüllt ist, das einen Schwimmer trägt. Die Herzkannüle ist doppeläufig, das eine Ende wird mit dem U-Rohr-Manometer, das andere Ende mit den beiden Zuflußgefäßen verbunden. Diese sind mit Hähnen versehen, welche gestatten, nach Belieben aus dem einen oder anderen Gefäß die Flüssigkeit durch das Herz zu spülen. Bei Drehung des Hahnes beide Hände benutzen, damit man den Fehler vermeidet, zu stark

in der einen Richtung zu drücken und dadurch den Apparat zu zerbrechen! Die mit Inhaltsteilung versehenen Zuflußgefäße sind als Mariottesche Flaschen eingerichtet. — Was ist Druck? Was bedeutet bei Druckmessung im Körper (Herz, Gefäße, Pleuraspalte, Bauchhöhle usw.) Druck Null? Welchen Zweck hat die Mariottesche Flaschenanordnung?

2. *Herrichtung der Apparate.* Zunächst ist der Durchspülungsapparat von unten bis über die Hähne luftfrei mit physiologischer Kochsalzlösung (0,6%) zu füllen. An die oberen Rohre der Zuflußgefäße kommt ein Gummischlauch, mittels dessen man die Lösung über die Hähne saugt. Ebenso ist der Manometeransatz und der sich anschließende Abflußschlauch luftfrei mit Kochsalzlösung zu füllen. Darauf wird von oben her in die rechte Flasche einfache (d. h. ungepufferte, s. Praktikum 11) Ringerlösung (0,6 gr NaCl, 0,01 gr KCl, 0,02 gr CaCl₂ in 100 cm³ dest. Wasser) in die linke physiologische Kochsalzlösung gegossen. Ebenso kann das von unten das Herz schützende Gläschen mit Kochsalzlösung gefüllt werden.

3. *Präparation des Herzens.* An einem getöteten großen Frosch, am besten *R. esculenta*, wird das Herz freigelegt (2. Prakt.). Das Perikard wird, ohne das Herz zu berühren oder gar anzustechen, eröffnet, das Gefäßbändchen angeschlungen und behutsam durchtrennt. Unter den Trunci arteriosi, die aus dem Herzbulbus kommen (Abb. 1), werden zwei Fäden durchgeführt, von denen der eine zum Einbinden der Kanüle in den Sinus dient, der andere zum späteren Abbinden der großen Arterien. Herz kopfwärts umklappen. Mit feiner Schere Loch in hintere Hohlvene nahe an Leber einschneiden, mit stumpfer Glaskanüle Ringersche Salzlösung einfließen lassen, um das Blut auszuspülen (sonst leicht Störung durch Gerinnsel). Einschieben der gerieften doppelläufigen Herzkanüle mit der Spitze bis in die Kammer, Einbinden unter Zuziehen einer einfachen Schlinge möglichst nahe an dem Venenschnitttrand. Das Herz soll nun weiter schlagen. Steht es still, so kann der Versuch unter Reizung mit stumpfer Nadel dennoch durchgeführt werden. Kanüle jetzt etwas hochheben, Arterien zubinden, Herz durch Flachschnitt möglichst fern von den Unterbindungsstellen abtrennen. Die Fadenenden an den Arterien werden benutzt, um das Herz etwas gegen das Kanülenknie in die Höhe zu ziehen, so daß die Kanülenspitze gut in der Kammer steckt. Die Kanüle wird an den auf langsames Tropfen eingestellten Apparat aufgeschoben.

4. *Versuche.* Zunächst Durchspülen mit Ringerlösung: oberen rechten Hahn öffnen, unteren Abfluß öffnen. Nach einiger Zeit

Abfluß schließen und nun den oberen Hahn in Diastole der Kammer schließen. Aufschrift der Druckschwankungen.

Darauf einige Zeit mit Kochsalzlösung durchspülen: Abfluß öffnen, Zufluß oben nach dem linken Gefäß umstellen; nach genügender Durchspülung erst unten den Abfluß schließen, dann den oberen Hahn wieder im Moment der Diastole der Kammer schließen.

Wiederholte Durchspülung mit Ringerlösung. Nachher Verwendung einer anders zusammengesetzten Lösung (Tyrodelösung), die außer den Salzen der einfachen Ringerlösung noch weitere Salze enthält (NaHCO_3 , MgCl_2 , NaH_2PO_4). Vergleich der Wirkung von Tyrode- und Ringerlösung.

Wiederholung des Versuches mit Tyrodelösung bei höherem und geringerem Füllungsdruck (Anfangswandspannung der Kammer).

Einfluß der Kohlensäure. Das obere mit Ringer- oder Tyrodelösung gefüllte Gefäß wird mit Kohlensäure (Kipp-Apparat) durchspült. Wiederausspülen mit O_2 -haltiger Lösung.

Veränderung des Gehalts der Ringerlösung an KCl oder CaCl_2 durch Zutropfen von etwa 5 und weiter nach Bedarf 10—20 Tropfen von 2% Lösungen der genannten Salze zu 30 ccm Ringerlösung. Zwischen den Einzelversuchen mit Ringer spülen.

Messung der Höhe der Druckschwankungen an verschiedenen Kurvenstellen in mm Hg.

Bestimmung des Minutenvolumens durch Auffangen der austropfenden Flüssigkeit; Manometer abstellen, Abflußschlauch abnehmen, Hahn zur Tyrodelösung öffnen. Gleichzeitige Bestimmung der Herzfrequenz ermöglicht, das Schlagvolumen zu ermitteln.

5. Bei übriger Zeit kann die Wirkung von Stoffen untersucht werden, insbesondere von *Chloroform*, welche der Flüssigkeit im Becherglas zugegeben werden. Ebenso wird die Wirkung von *Acetylcholin* untersucht (4 ccm ACh-Lösung 1 : 1000 zu 30 ccm Ringer- oder Tyrodelösung).

Ermittlung der Herzarbeit aus Druck und Schlagmasse.

Das Schlagvolum kann auch aus der Hubhöhe des Schwimmers ermittelt werden, wenn der Querschnitt des Manometerrohres bekannt ist.

Was ist Schlagvolum ? Was Schlagmasse ? Was Arbeit ?

6. Praktikum.

Wirkung der Vagusreizung auf das Froschherz.

Zuerst *Aufstellung* der unten erwähnten Reizeinrichtung. Darauf wird ein Frosch getötet, das Herz breit freigelegt, das Perikard eröffnet, das Gefäßbändchen angeschlungen. Man faßt jetzt mit der Pinzette den linken Leberrand und durchtrennt die Venen

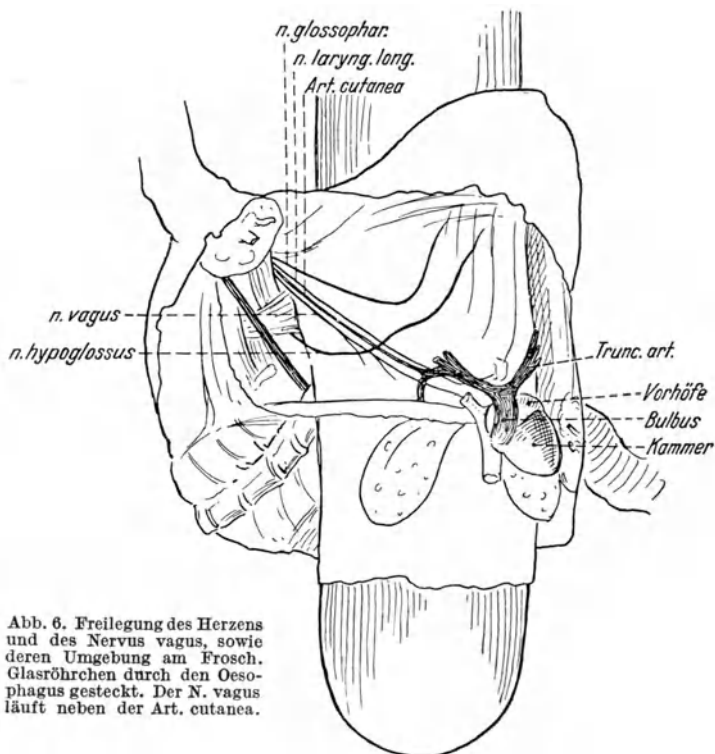


Abb. 6. Freilegung des Herzens und des Nervus vagus, sowie deren Umgebung am Frosch. Glasröhrchen durch den Oesophagus gesteckt. Der N. vagus läuft neben der Art. cutanea.

möglichst fern vom Herzen und ohne Verletzung der Gallenblase (Galle verändert die Herztätigkeit). Der Magen wird am Übergang zum Oesophagus durchschnitten und zugebunden und der ganze Unterkörper abgetrennt. Am Oberkörper wird vom Maul her ein dickwandiges Glasrohr in den Oesophagus geschoben (Abb. 6), welches in ein Stativ geklemmt wird. Mit durch den Unterkiefer gezogenem Faden wird das Präparat an dem Stativ befestigt, so daß es nicht abgleiten kann. *Aufsuchung* des rechten *Vagus* auf dem Oesophagus in einer vom Herzen zum Ansatz des Oberarms

führenden Linie unter Benutzung der vorliegenden Abbildung. Der Oberarm wird mit Faden zur Seite gezogen und am Stativ angebunden. Es ist zweckmäßig, den N. hypoglossus und laryngeus longus herauszureißen, sowie den N. vagus in Zusammenhang mit der Art. cutanea und den darunterliegenden dünnen Muskeln zu präparieren, damit der Nerv nicht so leicht vertrocknet. Abbindung des Nerven mit fest zugezogener Fadenschlinge möglichst weit ab vom Herzen; eine Strecke weit zum Herzen hin wird der Nerv vom Oesophagus abpräpariert. Der zarte Nerv darf mit Schere und Pinzette nicht berührt werden und ist nur mit Hilfe des Fadens anzufassen. — Die Temperatur im Versuchsraum muß möglichst kühl sein.

Der *Vagus* wird nunmehr gereizt; Induktionsapparat mit Wagnerschem Hammer; Metallelektroden aus freier Hand gehalten. Die Stromstärke wird zunächst durch Reizprobe an den Muskeln der Umgebung auf etwas überschwellig eingestellt. Anlegung der Elektroden an den locker gehaltenen N. vagus. Stromschlüssel etwa 3 Sek. schließen. Bei Bedarf Rollenabstand ändern. Beobachtung des Stillstandes, Zeitbestimmung mit der Uhr, Beachtung der Änderung des Kontraktionsumfanges besonders am Vorhof. Beachtung der Reihenfolge, in welcher die einzelnen Abteilungen des Herzens nach einem Stillstand die Tätigkeit wieder aufnehmen. Zunächst nur kurzdauernde, nicht zu starke und nicht zu schnell einander folgende Reizungen ausführen. Dann zu länger dauernden Reizungen übergehen, um Ermüdungserscheinungen zu erhalten; Wiedereintritt von Schlägen trotz weitergehender Reizung.

Die Versuche werden mit graphischer Methode (Suspension des Herzens) wiederholt. Der Schreibhebel wird am gleichen Stativ angebracht, an welchem das Präparat befestigt ist. Es können auch mit zwei Hebeln Vorhof- und Kammertätigkeit gleichzeitig aufgeschrieben werden.

Weiter kann *Atropin* (in 1 % Lösung) auf das Herz geträufelt werden, nachdem eine Pause zur völligen Erholung des Vagus eingeschaltet und durch eine Probereizung der Eintritt der Erholung nachgewiesen wurde. Erfolglosigkeit der Vagusreizung unter Atropinwirkung.

Bei übriger Zeit:

a) Mit besonders leichtem Hebel kann auch die Tätigkeit des *Sinus* ansichtig gemacht und aufgeschrieben werden. Es ist festzustellen, an welchem Herzabschnitt die Schlagverlangsamung zuerst auftritt. Auch ist wieder darauf zu achten, in welcher Reihenfolge der Schlag der einzelnen Herzabschnitte nach Stillstand wieder erscheint.

b) Wirkung von *Acetylcholin* bei Aufträufeln auf das Herz. Aufhebung der Wirkung durch *Atropin*.

7. Praktikum.

Versuche über Flüssigkeitsströmung in Röhren. (Hagen-Poiseuillesches Gesetz. Bestimmung der Reibung.)

1. *Prüfung des Hagen-Poiseuilleschen Gesetzes.* Aus einem erhöht aufgestellten Standgefäß strömt Wasser durch ein kapilläres Glasrohr, an dessen Anfang und Ende der Druck an Steigröhren in cm Wasserhöhe gemessen wird. Es wird die während längerer Zeit (200 Sek.) ausfließende Wassermenge V (= Volumen) in cc bestimmt (Einfließenlassen in Bürette). Die Kapillarlänge ist 50 cm, ihr Radius etwa 0,04 cm (genauer nach Angabe).

Nennen wir Q die in 1 Sek. ausfließende Wassermenge $\left[= \left(\frac{V}{t} \right) \right]$, p die Druckdifferenz an den Kapillarenden, L die Länge der Kapillare, r ihren Radius, K eine von der Art der Flüssigkeit und der Temperatur abhängende Konstante, so muß sich nach dem Hagen-Poiseuilleschen Gesetz ergeben $Q = \frac{p \cdot r^4}{L} K$. Hierbei ist $K = \frac{\pi}{8 \eta}$, und η der Reibungskoeffizient.

Verwendet man in drei aufeinanderfolgenden Versuchen die gleiche Anordnung unter Veränderung von p (Höher- und Niedrigerstellen des die Flasche tragenden Tischchens), so muß für alle Fälle Q/p sich als gleich erweisen. Ist das festgestellt, so wird K berechnet. Darauf kann η berechnet werden, in gr/cm^2 . Für Wasser ist η bei $0^\circ = 0,000018$, bei $20^\circ = 0,000010$.

Die Versuche können mit anderen Flüssigkeiten (z. B. verdünntem Glycerin, Salzlösungen) wiederholt werden. Die inneren Reibungen verhalten sich den Strömungskonstanten K umgekehrt proportional.

2. Weitere Versuche mit einem *Viskosimeter*, dessen Prinzip nach dem vorigen leicht zu verstehen ist. Der Apparat besteht aus einem 30 cm fassenden Gefäß mit angeschmolzener Kapillare. Es wird mit einem Handgebläse in einem Windkessel ein an einem Hg-Manometer ablesbarer konstanter Druck von 100 mm Hg eingestellt. Man stellt fest, wieviel Sekunden benötigt werden, um das Flüssigkeitsvolumen durch die Kapillare zu treiben. Für verschiedene Flüssigkeiten sind die Reibungskoeffizienten den Ausflußzeiten proportional, wie sich aus der Aufstellung der beiden Hagen-Poiseuilleschen Gleichungen für Wasser und Blut und Division der ersteren durch die letztere ergibt. Es wird Wasser mit Tierblut verglichen. Füllung des Gefäßes von der Kapillare aus mit Hilfe der Wasserstrahlpumpe.

3. Bei übriger Zeit:

a) Besprechung und Vorführung der zur Untersuchung von *menschlichem Blut* gebräuchlichen *Viskosimeter*. Da nur wenig Blut entnommen werden darf, sind die Apparate von entsprechend kleinen Abmessungen. Entweder wird die Ausflußmenge bei gegebener Ausflußzeit (vgl. 1), oder die Ausflußzeit bei gegebener Ausflußmenge (vgl. 2), beides für Blut und für Wasser, bestimmt.

b) *Senkungsgeschwindigkeit der Blutkörperchen*. Im ungerinnbar gemachten Blut (Zusatz von Na-Citrat) senken sich die Blutkörper, weil ihr spez. Gew. s' größer ist, als das des Plasma s . Senkungsverlangsamend wirkt die Reibung, sowie Kräfte elektrischer Ladung. Rote Blutkörper — geladen, gegenseitige Abstoßung wirkt gegen Senkung. Plasmakolloide + geladen. Senkungsgeschwindigkeit bei Abnahme der Ladungsdifferenz (infolge der Kolloidzusammensetzung) erhöht. Weitere Erhöhung der Senkungsgeschwindigkeit, wenn sich die Blutkörper dabei zu Gebilden von größerem Radius zusammenballen. Die mechanischen Vorgänge werden durch die Formel von STOKES dargestellt:

$$v = \frac{\frac{4}{3} \pi r^3 (s' - s) g}{6 \pi \eta r} = \frac{2}{9} r^2 g \frac{s' - s}{\eta}.$$

Hierin bedeutet v (= *velocitas*) die Senkungsgeschwindigkeit einer unter dem Einfluß der Erdbeschleunigung g fallenden Kugel vom Radius r und der Dichte s' in einem zähen Medium von der Dichte s und dem Reibungskoeffizienten η . Dabei ist der Widerstand W , welcher sich der Senkung entgegenstellt, von der Geschwindigkeit v abhängig und hat die Größe

$$W = 6 \pi \eta r \cdot v \text{ dyn.}$$

W ist vorzustellen als Kraft, welche von außen auf die Kugel ausgeübt werden muß, damit sie dauernd die Geschwindigkeit v behält (nach LENARD).

8. Praktikum.

Mikroskopische Beobachtung des Kreislaufes beim Frosch.

Die Beobachtung wird an mit Urethan tief narkotisierten Fröschen (männl. Landfrösche, *Rana fusca* sv. *temporaria* am geeignetsten) durchgeführt. Urethanlösung in Rückenlymphsack (je 1 ccm 25% Urethanlösung für 50 gr Frosch).

Narkoseverlauf beobachten. Stillstand der Atmung (Hautatmung als Ersatz!) als Zeichen der Narkosetiefe.

1. *Pfotenbeobachtung*: In Bauchlage des Tieres Hinterpfote mit

Planta nach oben auf Korkhalbring aufstecken, der einer Glasplatte aufgeklebt ist; je eine Nadel durch die Endglieder von 3 Zehen, Nadelenden abkneifen. Schwimmhaut darf nicht zu stark gespannt sein und nicht dem Kork zu weit aufliegen. Beobachtung mit schwacher Vergrößerung. Zeichnung charakteristischer Bilder von Arterien und Venen und ihren Kapillarzusammenhängen. Man achte ferner auf die Richtung der Strömung, auf Geschwindigkeit und Geschwindigkeitsänderungen.

2. *Zungenbeobachtung*: a) Frosch in Bauchlage. Zunge (die vorne am Kiefer angewachsen ist) vorsichtig herausklappen und ganz am äußersten Rande mit einigen Nadeln fächerartig ausgebreitet feststecken; Frosch etwas zurückziehen, so daß Zunge leicht gespannt ist. Entsprechende Beobachtungen wie an Pfote, insbesondere auf Puls achten. b) Frosch in Rückenlage. Die Zunge wird darauf auch von der anderen Seite, in Rückenlage des Tieres, nach entsprechendem Feststecken beobachtet; man beachte die Hautpapillen und ihre Blutversorgung.

3. *Mesenterium des Darmes*: Frosch freimachen und in linke Seitenlage auf Glasplatte legen. Rechts ein 1 cm langer längsgerichteter Hautschnitt nahe dem Ansatz des Oberschenkels in Richtung der verlängerten Mundspalte, Achtung vor Anschneiden eines Astes der Hautarterie; Muskelschnitt von gleicher Länge; vorsichtiges Hervorziehen des Darmes. Frosch auf die mit Korkhalbring versehene Platte legen, den Darm auf den Ring aufstecken; dabei dürfen die Nadeln nur durch den Darm, nicht durch das freie Mesenterium gesteckt und dieses nicht gezerrt oder zerrissen werden. Beobachtung mit schwacher und nach Einstellung einer passenden Stelle vorwiegend mit starker Vergrößerung. Es ist das Verhalten der weißen und roten Blutkörperchen zu beachten, Verbiegungen der letzteren bei Durchgang durch enge Kapillaren, Auftreffen auf Spornstellen an Teilungen. Auch hier sind die hauptsächlichsten Beobachtungen in kleinen Skizzen festzuhalten.

4. *Ausbohren des Rückenmarks* nach Kopfab schneiden und Feststellung der auf Gefäßerweiterung beruhenden starken Verlangsamung des Kreislaufes an der Pfote bei schwacher Vergrößerung.

9. Praktikum.

Messung des Blutdrucks, Aufschreibung des Pulses am Menschen.

1. Apparat von RIVA-ROCCI zur Bestimmung des *Blutdrucks* an der A. brachialis des Menschen. Eine breite doppelwandige Gummimanschette wird um den bloßen Oberarm gelegt und unter meßbarem Druck mit Luft aufgeblasen. Feststellung desjenigen Druckes, bei welchem der *Radialis puls* eben *verschwindet*. Damit das Quecksilber nicht aus dem Manometer geschleudert wird, dürfen die Druckerhöhungen nicht stoßweise vorgenommen werden. Der Druck ist zuerst über Blutdruckhöhe zu bringen, etwa auf 160 mm Hg, dann ist der Druck langsam zu senken, bis der Puls eben fühlbar wird. Der dabei vorliegende Druck ist die systolische Druckhöhe. Die Versuche werden der Reihe nach an allen Gruppenteilnehmern ausgeführt, und zwar je dreimal, die Ergebnisse in Tabellen zusammengestellt.

Auskultatorische Methode: Es wird mittels Stethoskops in der Ellenbogenbeuge (Art. brachialis) das Strömungsgeräusch auskultiert und der Druck bei seinem ersten Auftreten und bei seinem Wiederverschwinden ermittelt. Man bestimmt dadurch annähernd den „systolischen“ und „diastolischen“ Druck. — Was ist systolischer, was diastolischer Druck?

2. Vergleich der erhaltenen Werte mit den nach dem GÄRTNERschen Verfahren ermittelten. Die Anordnung entspricht ganz der vorigen, nur wird eine kleine Manschette um den Finger gelegt, nachdem dieser durch Aufschieben eines Gummiringes blutleer gemacht worden ist. Einstellung wiederum eines den Blutdruck voraussichtlich übersteigenden Druckes. Gummiring durchschneiden, Druck erniedrigen (in Stufen von 5 zu 5 mm Hg) bis der bisher blasse Finger sich rötet. Immer einige Sekunden warten, ehe neue Erniedrigung vorgenommen wird. Vergleich der Werte mit den unter 1. gewonnenen.

3. Aufschrift von *Carotispulsen* mit MAREYSchen Schreibkapseln. Auf die Carotisgegend wird ein Glastrichter gesetzt, der durch Schlauch mit der Schreibkapsel verbunden ist. Der Atem ist bei der Aufschrift anzuhalten, der Hebel nur sehr zart anzulegen. Auf Aufschreiben sehr langer Kurvenstücke kommt es weniger an, als auf die Vermeidung von fehlerhaften Einwirkungen auf die Kurve (Reibung, Erschütterung, Verschiebung des Trichters am Halse beim Atmen, wechselnd starkes Andrücken des Trichters). Die zu verschiedenen Teilnehmern gehörigen Pulse werden abgezeichnet und in ihren Übereinstimmungen und Verschiedenheiten verglichen.

4. Aufschrift von *Radialispulskurven* nach DUDGEON. Schemazeichnung der Hauptbestandteile des Apparates. Dieser wird zunächst freihändig an die Radialarterie angelegt. Aufsuchen des geeigneten Ortes für das Aufsetzen der Pelotte und der geeigneten Federspannung. Der Papierstreif ist schon vor Aufsetzen des Apparates einzuschieben. Man drücke nun den Apparat so weit an, daß die Schreibspitze in Papiermitte schreibt. Vergleich der Kurvenbilder verschiedener Versuchspersonen, sowie der Carotispulse mit den Radialispulsen.

5. Nachweis des Volumpulses am *Fingerplethysmograph*. Ein Glasrohr vom Durchmesser der Fingerdicke läuft in ein enges Rohr aus. Unter Wasser wird das Glasrohr über den Finger gestülpt, der Puls im engen Rohr beobachtet. —

Was ist Druckpuls? Volumpuls? Geschwindigkeitspuls? Welche Eigenschaften muß ein Pulsschreiber besitzen?

10. Praktikum.

Zählung der roten Blutkörperchen.

1. Schematische Zeichnungen der THOMA-ZEISSschen *Zählkammer* in Aufsicht und Längsschnitt anfertigen. Einstellung der Netzteilung im Mikroskop in der Weise, daß zuerst der Rand der mittleren Glasplatte, welcher die Teilung eingeritzt ist, aufgesucht wird. Vorsicht, daß das Objektiv nicht zu tief heruntergeschraubt wird.

Beobachtung der NEWTONSchen Farbenringe bei Auflegen des planparallel geschliffenen Deckglases. Eigenschaften einer zur Blutkörperzählung geeigneten Lösung.

2. *Ausführung der Zählung*. Füllung der Kammer mit einem kleinen Tröpfchen einer fertig vorgelegten Mischung von 1 ccm defibriniertem Tierblut mit 199 ccm einer 1% Kochsalzlösung. Auszählung der über 16 Quadraten liegenden Blutkörperchen, Eintragung in ein Schema, Berechnung der Zahl für 1 cmm unverdünnten Blutes.

3. *Weitere Zählungen*. Die Kammer wird gereinigt (Überfließenlassen von Wasser, vorsichtiges Abtupfen mit reinem weichem Lappchen), und eine neue Mischung in dem zu dem Apparat gehörigen Mischer selber hergestellt, wiederum zunächst unter Verwendung von defibriniertem Blut. Nachdem auch hierfür eine Zählung vorgenommen wurde, wird die Kammer gereinigt, der Mischer (durch Durchsaugen mit Wasser, Alkohol, Äther und Trocknung im Luftstrom der Wasserstrahlpumpe) wieder gebrauchsbereit gemacht. Neue Blutmischung unter Blutentnahme aus dem

Finger. Streng aseptisch verfahren! Die FRANCKESche Nadel wird in der Spiritusflamme erhitzt (sterilisiert); der Finger nach Waschen in heißem Wasser mit Alkohol und Äther gereinigt, mit reiner Watte getrocknet. Einstellung der Nadel auf etwa $1\frac{1}{2}$ mm Stichtiefe; Einstich seitlich an der Nagelwurzel des Mittelfingers. Der Blutropfen muß auf der trockenen Haut stehenbleiben. Beim Aufsaugen in den Mischer und Nachsaugen der Salzlösung schnell arbeiten, damit nicht Gerinnsel in der Kapillare entstehen. Weitere Maßnahmen wie bisher. — Flamme nicht im gleichen Raum, wie Äther!

4. Bei übriger Zeit:

a) Zählung der *weißen* Blutkörperchen. Zur Färbung der Leukozyten dient Gentianaviolett, zur Auflösung der Erythrocyten Essigsäure. — Was ist ein „Blutbild“ im klinischen Sinne?

b) Besprechung und Vorführung der BÜRCKERSchen Methodik, durch welche noch genauere Zählergebnisse erzielt werden.

11. Praktikum.

Physikalisch-chemische Beobachtungen am Blut.

1. Bestimmung des *spezifischen Gewichts* des Blutes nach HAMMERSCHLAG. Einfallenlassen von Blutropfen in Chloroform-Benzol-Mischungen von passend einzustellendem spezifischen Gewicht, das mit Araeometer zu ermitteln ist. Beurteilung jeweils nur an dem zuletzt zugefügten Blutropfen, ob der Tropfen schwerer oder leichter ist als die Mischung. Ausführung des gleichen Versuchs mit Serum. — Nach welchem Gesetz stellt sich das Araeometer in Flüssigkeiten ein?

2. *Hämolyseversuch*: In sechs gleichweite Reagenzgläser (Probe mit der Fingerkuppe) kommen etwa 10 ccm von 0,3-, 0,4-, 0,5-, 0,6-, 1- und 10% NaCl-Lösung, nachdem in jedes Glas 0,1 ccm defibriniertes Tierblut gebracht war. Schriftprobe auf Durchsichtigkeit der gut vermischten Flüssigkeiten. Der Versuch wird in jeder Gruppe doppelt angestellt. Es wird festgestellt, bei welcher Lösung das Blut nach mehreren Minuten noch nicht völlig durchsichtig und bei welcher es völlig durchsichtig geworden ist. Werden die gefüllten Reagenzgläser bis zum nächsten Praktikum in den Eisschrank gestellt, so kann dann nach Senkung der Blutkörper festgestellt werden, bei welcher Mischung die überstehende Flüssigkeit eben schon rötlich gefärbt ist, und bei welchen noch nicht. Welche Salzlösung ist also als angenähert isotonisch nachgewiesen?

Was bedeutet isotonisch? hypotonisch? hypertotonisch? Welche Lösungen verschiedener Stoffe sind gegeneinander isotonisch?

3. *Osmoseversuch*: Lösung von 4% Ferrozyankali, $K_4Fe(CN)_6$, wird in kleine Schälchen gebracht. Einspritzen von konzentriertem Kupferchlorid ($CuCl_2$) mit feiner Pipette in ganz kleinem Tropfen. Beobachtung der Volum- und Farbenänderung des Tropfens mit Lupe, indem man das Schälchen etwas über einer weißen Fläche hält.

4. *Ionenbildung* in verdünnter Lösung. Beobachtung der Farbenänderung eines $CuCl_2$ -Tropfens, der auf weißer Porzellanplatte mit Wassertropfen in Berührung gebracht wird. Worauf beruht die Farbenänderung?

5. Versuch über sog. „*Pufferung*“ einer Lösung. Verwendet werden 10 ccm physiologische Kochsalzlösung und 10 ccm Tyrodelösung (vgl. Praktikum 5), welche Puffersubstanzen enthält. Zu jeder Lösung kommen zwei Tropfen Methylorange als Indikator. Aus einer Bürette werden so viel Tropfen $\frac{n}{10}$ HCl zugesetzt, bis Farbumschlag erfolgt. Feststellung des Tropfenunterschiedes für beide Lösungen.

Durch welche Zusätze kann die in Prakt. 5 angegebene einfache (ungepufferte) Ringerlösung zu einer gepufferten Lösung gemacht werden?

6. Bestimmung der *Gerinnungszeit* des Blutes: Aus nicht zu kleiner Fingerwunde (s. bei Blutkörperzählung) mehrere Tropfen Blut auf eine saubere flache Glasschale (Petri-Schale, Säubern mit Alkohol und Äther) auffallen lassen. Durchfahren mit an Hölzchen befestigter Borste, jede Minute durch einen noch nicht gebrauchten Tropfen. Die Schale läßt man auf Wasser von 25° C (oder 37° C) schwimmen. Das Wassergefäß wird zwischen den einzelnen Proben mit einer Glasplatte zugedeckt.

7. *Bei übriger Zeit*: Besprechung und Vorführung des *Hämatokriten* zur Bestimmung des Gesamtvolumens der Blutkörper im Verhältnis zum Volumen des Plasmas. Genauere Ermittlung des Prozentgehalts einer isotonischen Salzlösung.

12. Praktikum.

Hämoglobinbestimmung, Spektroskopie des Blutes.

1. *Kolorimetrie*. In den Versuchen soll der Hämoglobingehalt einer unbekanntem Blutprobe mit dem einer gegebenen Lösung durch Farbenvergleich festgestellt werden (kolorimetrische Methode).

a) *Verdünnungsmethode*. Mehrere Reagenzgläser von gleicher Weite aussuchen. Von defibriniertem Blut (an Stelle von Blut eines

gesunden Menschen) mit H_2O eine Verdünnung 1:100 herstellen (Vergleichslösung). Von dem zu bestimmenden Blut (mit Kochsalzlösung verdünntes Tierblut, welches also vergleichbar dem Blut eines Kranken weniger Hb enthält) wird genau 1 ccm abgemessen und mit gemessenen Mengen Wasser soweit verdünnt (stufenweise, stets erneut den Farbenvergleich ausführen), bis eine Probe der einzustellenden Blutlösung bei gleicher Schichtdicke (Reagenzglas) der Vergleichslösung an Farbhelligkeit und -sättigung gleich erscheint. Fortsetzung bis die Probe deutlich zu hell erscheint. Prüfung gegen eine weiße, in einiger Entfernung von den Reagenzgläsern gehaltene Papierfläche. Tabellarische Übersicht über den Versuch, Aufschrift der zunehmenden Verdünnungen und der zugehörigen Helligkeitsbeurteilungen. Berechnen, wieviel Prozent Hämoglobin das Blut enthält, bezogen auf das normale, dessen Gehalt zu 100 gesetzt wird. Die Konzentrationen gleich aussehender Lösungen verhalten sich bei gleicher Schichtdicke wie die Verdünnungszahlen. Auf diesem Prinzip beruht das GOWERS-SAHLISCHE Hämometer. Wieviel gr Hb enthalten 100 gr normalen (gesunden) Blutes? Wieviel gr Hb sind bei „75 % Hb-Gehalt“ in 100 gr Blut enthalten?

b) Methode der *Schichtdickenveränderung*. Eine andere Methode benutzt gleiche Verdünnungen in veränderlicher Schichtdicke. Auf diesem Prinzip beruhen die Keilhämometer. Bei gleicher Verdünnung und gleich erscheinender Farbe verhalten sich die Hb-Mengen umgekehrt wie die Schichtdicken.

Läßt sich die Bestimmung lediglich mit einer Vergleichsverdünnung von 1:100 durchführen? Wieviel Blut und Wasser sind für eine Verdünnung 1:100 zu nehmen? Ist die Norm (s. oben) für Flachland- und Gebirgsbevölkerung gleich?

2. *Spektroskopie*. Schemazeichnungen zur spektroskopischen Methode. Einstellung der Spektroskope auf reines und scharfes Spektrum durch richtige Wahl der Spaltweite und des Okularauszuges. Zeichnung des Spektrums mit den (auch bei diffusem Tageslicht sichtbaren) FRAUNHOFERSCHEN Linien. Betrachtung der Metallinien von Li- und Na-Salzen, die in Bunsenflamme verdampft werden. Untersuchung der Veränderungen des Spektrums durch Vorhalten von Lösungen 1:50 oder 1:100 von Oxyhämoglobin, reduziertem Hb (ein wenig Natriumhyposulfit, $Na_2S_2O_4$, zusetzen), CO-Hb (Leuchtgas durchleiten), Met-Hb (kleinen Kristall von Ferricyankali zur Blutlösung zusetzen), salzsaurem Hämatin (etwas verdünnte Salzsäure zusetzen). Alle Ergebnisse der Beobachtungen in Zeichnungen festlegen. — Wann ist ein Spektrum scharf? Wann rein?

3. Bei übriger Zeit:

a) Besprechung und Vorführung von wissenschaftlich und klinisch verwendeten Kolorimetern, besonders denen mit Anwendung des Verfahrens der Schichtdickenveränderung, welches als das genauere zu bezeichnen ist. Ausführungen über Eichung der Apparate, über die Frage der Festlegung des Normwertes, insbesondere des deutschen und des schweizerischen. Hb-Gehalt von der durchschnittlichen Meereshöhe abhängig, in der die Bevölkerung lebt.

b) Besprechung und Vorführung von Spektroskopen und Spektrometern mit Wellenlängenskala. Absorption im Ultraviolett und Ultrarot. Darstellung der Absorption in Kurvenform. Gewinnung genauer Kurven mit Hilfe einer Photozellenanordnung und Aufschrift der Galvanometerausschläge. Dieses Verfahren kann entweder unmittelbar mit Hilfe der Blutlösung, oder mittelbar an einer spektrophotographischen Aufnahme durchgeführt werden.

13. Praktikum.

Atemvolummessung, Atemdruckmessung, Gasanalyse.

1. Messungen am *Spirometer*. Plan des Spirometers zeichnen.

Vitalkapazität: Stark einatmen und nun bei verschlossener Nase ganz langsam in den Apparat ausatmen. Die Versuche werden von den Gruppenteilnehmern mehrmals ausgeführt, zur Vermeidung von Ermüdung abwechselnd. Jeder benutzt zu seinem Versuch ein eigenes Papiermündstück. *Atemvolum*: Bestimmung des Volumens der gewöhnlichen Atemluft. Ferner Feststellung der Vorratsluft und der Ergänzungsluft.

2. *Druckmessungen* bei verschlossener Nase und endständig mit dem Mund verbundenem Quecksilbermanometer. Nicht stoßweise blasen, sondern Druck allmählich ansteigen oder absinken lassen.

Seitenständige Druckmessung mit Wassermanometer, welches mit dem einen Nasenloch verbunden wird, bei Atmung durch das andere.

3. *Gasanalyse*:

Die *Analysemethode* besteht im wesentlichen darin, daß der Gasraum (Flasche in Abb. 7) mit einer Volummeßvorrichtung versehen ist, durch welche die bei Absorption eines Gasbestandteils entstehende Volumverminderung gemessen wird. Die Absorbentien werden einer am Boden der Flasche befindlichen Wassermenge unterschichtet.

a) *Sauerstoffbestimmung* in der *atmosphärischen Luft*.

Man füllt zunächst die Flasche ganz mit Wasser und gießt 108 ccm aus. Einsetzen ins Wasserbad. Temperaturmessung des Wasserbades. Dem Bodenwasser der Flasche werden 8 ccm einer frischen Natriumhyposulfitlösung (6 gr $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ in 30 ccm Wasser gelöst, dazu 6 ccm einer konzentrierten Lösung von Kaliumhydroxyd) unterschichtet. Aufsetzen des Gummistopfens mit Glashahn, der nach Temperaturengleich geschlossen wird. Mehrere Minuten lang bei geschlossenem Hahn umschüttern. Wiedereinsetzen ins Wasserbad. Verbindung mit dem Volumeter herstellen, dieses bei noch geschlossenem Hahn auf Atmosphärendruck durch Heben oder Senken des Niveaurohrs einstellen. Erste Ablesung an der Volumteilung des Meßrohrs. Hahn des Gasraumes öffnen, Flüssigkeit steigt wegen der durch die Absorption bewirkten Druckerniedrigung in der Flasche. Der Druck in dieser ist mittels Heben des Niveaurohres wiederum auf Atmosphärendruck einzustellen. Nun zweite Ablesung. Die Differenz beider Ablesungen ist der gesuchte Wert in Prozenten. Versuch wiederholen.

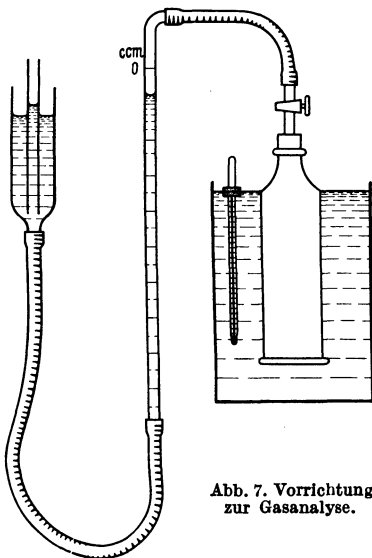


Abb. 7. Vorrichtung zur Gasanalyse.

b) Bestimmung der *Kohlensäure* in der *Alveolarluft*.

Aus der gleichen wieder mit Wasser gefüllten Flasche (vorher sorgfältig auszuspülen) werden 100 ccm Wasser ausgegossen. Die Flasche kommt dann ins Wasserbad. Mittels gebogenem Glasrohr bläst man mehrere Male Alveolarluft, durch Zusatzausatmung gewonnen, durch das Bodenwasser und den Gasraum. Bei dem Ausblasen ist streng darauf zu achten, daß nicht unmittelbar vorher tiefer eingeatmet wird als bei gewöhnlicher Atmung, weil sonst die Zusatzausatmung nicht die gewöhnliche Alveolarluft ergibt. Nach Herausnahme des Glasrohrs wird ein etwa erbsengroßes Stück Kaliumhydroxyd in das Bodenwasser geworfen, der Gummistopfen bei zunächst offenem Hahn aufgesetzt und dann der Hahn geschlossen. Schütteln außerhalb des Wasserbades, etwa $\frac{1}{2}$ Minute.

Wiedereinsetzen ins Wasserbad. Die weiteren Maßnahmen wie bei a), unter Verwendung eines engeren Meßrohrs, entsprechend der geringeren Größe des zu messenden Volumens. Wiederholung des Versuchs.

c) Bestimmung der *Kohlensäure* in der *Ausatmungsluft*.

Es wird verfahren wie bei b), nur wird durch gewöhnliche Atmung gewonnene Ausatmungsluft statt Alveolarluft durchgeblasen. Auch dieser Versuch wird mehrmals ausgeführt.

Übersichtliche Aufschrift der Werte aller Gruppen für alle Aufgaben dieses Praktikums an die Tafel.

14. Praktikum.

Blutgase.

1. *Entgasung* des Blutes mit einer *Wasserstrahlpumpe*. Apparatur wie in Abb. 7.

In die Entgasungsflasche, die mit Gummistopfen und Hahn versehen ist, 3 ccm defibriniertes Blut einfüllen. Hahn gut fetten. Zufügung von Glasperlen, um die Schaumbildung beim Schütteln zu vermindern. Mit Wasserstrahlpumpe bis zum Verschwinden der O_2 -Hb-Streifen (Beobachtung mit Spektroskop) unter Umschütteln entgasen, wenn nötig unter vorsichtiger Erwärmung auf $38^\circ C$ im Wasserbad. Wenn der Blutschaum in dem Hahn aufsteigt, schließt man diesen einige Zeit. Bei Steigen des Wassers in der Pumpe drehe man schnell den Hahn des Kolbens kurze Zeit zu.

2. *Gasaufnahme*. Kolben nach Abnehmen von der Pumpe (wobei zuerst der Kolbenhahn zu schließen ist) in Wasserbad von Zimmertemperatur einsetzen. Hahn öffnen, damit Luft einströmt, und nach etwa einer Minute wieder schließen, wenn Temperaturausgleich der Luft und des Glases mit dem Wasser angenommen werden kann. Kolben bei gut geschlossen gehaltenem Hahn zur Gasaufnahme durchschütteln, O_2 -Hb-Streifen feststellen. Wieder ins Wasserbad einsetzen. Verbindung mit der Meßvorrichtung, die ganz der im vorigen Praktikum benutzten entspricht (s. Abb. 7). Ablesen des Standes an der Inhaltsteilung des Meßrohres bei Atmosphärendruck. Nun Öffnung des Kolbenhahnes und Ausgleich der durch die Gasabsorption entstandenen Druckdifferenz durch Heben des Niveaurohrs. Wiederum Ablesung des Standes der Sperrflüssigkeit an der Inhaltsteilung. Der Unterschied beider Ablesungen bedeutet die Menge des vom Blut absorbierten Gases (vorwiegend Sauerstoff, außerdem etwas Stickstoff). Reduktion auf Trockenheit, 760 mm Hg und Null Grad nach bekannter Formel.

Angabe des O_2 -Gehaltes in Prozenten. Wiederholung des Versuchs. — Reduktionsformel herleiten!

3. *Barcroft-Haldanesche* Blutentgasungsmethode. Mittels Ferricyankali, $K_3Fe(CN)_6$, wird Oxyhaemoglobin, $Hb \cdot O_2$, in Methaemoglobin, $Hb \cdot OH$, verwandelt. Dabei wird der ganze gebundene O_2 frei. In die Gasflasche werden 3 ccm defibriniertes Tierblut und 4,5 ccm verdünnte Ammoniaklösung (Saponin 0,5 gr, Ammoniakwasser konzentriert 0,5 ccm, in 250 ccm Wasser gelöst) gefüllt und gut geschüttelt. Einsetzen ins Wasserbad. Nachdem das Blut lackfarbig wurde, werden mehrere kleine Stückchen Ferricyankali in das Glas gebracht. Stopfen aufsetzen und Hahn schließen. Außerhalb des Wasserbades bei gut geschlossenem Hahn schütteln. Einsetzen ins Wasserbad. Verbindung mit der Volummeßröhre, in welcher das Wasser hoch oben einzustellen ist, da diesmal Volumvermehrung stattfindet. Einstellung auf Atmosphärendruck. Erste Ablesung. Hahn öffnen, nochmals auf Atmosphärendruck durch Senkung des Niveaurohrs einstellen, zweite Ablesung. Umrechnung des Ergebnisses auf 100 ccm Blut. Wiederholung des Versuchs.

15. Praktikum.

Gesamtgaswechselbestimmung nach REGNAULT und REISET am Meerschweinchen.

Das *Grundsätzliche des Verfahrens* (Abb. 8) besteht darin, daß ein Versuchstier (Meerschweinchen) unter einer Glasglocke von der Außenluft ganz abgeschlossen wird. Aus einer Vorratsflasche wird Sauerstoff dem Verbrauch entsprechend zugeführt, während die Kohlensäure mit Hilfe einer angeschlossenen Lüftungsvorrichtung (Schaukel) absorbiert wird. Der Sauerstoff wird volumetrisch, die Kohlensäure titrimetrisch bestimmt.

Der *Sauerstoff* befindet sich in einer Flasche unter Wasserabschluß. Aus einer angeschlossenen MARIOTTESchen Flasche (welchen Zweck hat sie?) kann man eine ablesbare Wassermenge in die Sauerstoffflasche zufließen lassen, so daß die gleiche Menge Sauerstoff in den Versuchsraum überströmt. Auf dem Wege ist ein Wasserventil eingeschaltet, um zu verhindern, daß Glockenraumluft in den Sauerstoffvorrat rückströmt. Ferner ist seitlich ein Wassermanometer angebracht, welches durch Sinken des Drucks anzeigt, wann wieder Sauerstoff in die Glocke zu leiten ist.

Zur Absorption der Kohlensäure dient Barytwasser (konz. Lösung von $Ba(OH)_2$), welches vor und nach dem Versuch (nach Abfiltrieren des Baryumkarbonates) mit $1/10$ Normal-Oxalsäure

titriert wird. Normal-Oxalsäure ist unter Berücksichtigung des Kristallwassers oder mit Verwendung kristallwasserfreier Säure besonders leicht herstellbar.

Was ist eine Normallösung? Welches Molekulargewicht hat Oxalsäure? Was würde unter einer Normal-Kohlensäurelösung zu verstehen sein?

Vor dem Versuch werden Proben von 10 ccm des Barytwassers titriert.

Durchführung des Versuchs: Anordnung völlig herrichten. 250 ccm Barytwasser in die Schaukel, Stopfen aufsetzen. Vor-

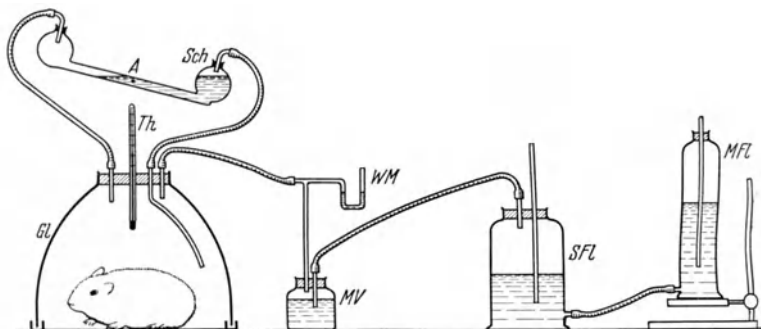


Abb. 8. Verfahren zur Bestimmung des Gesamtgaswechsels, nach REGNAULT und REISET. *Gl* Glasglocke, *Th* Thermometer, *Sch* Schaukelgefäß mit Barytwasser, *A* Achse der Schaukel, *WM* Wassermanometer, *MV* Müllersches Ventil, *SFZ* Sauerstoff-Flasche, *MFL* Mariottesche Flasche (am Stativ in der Höhe verstellbar).

sicht, daß nichts zerbricht! Meerschweinchen wägen. Tier unter die Glocke setzen, Zeit genau aufschreiben, Glockenrand durch Aufgießen von Glycerinwasser in die Rinne des Grundtellers dichten. Schaukel in Bewegung setzen. Versuchsdauer 20 Minuten. Sauerstoffzufuhr erst nach einiger Zeit nötig, wenn Druck in der Glocke zu sinken anfängt. Warum steigt er zunächst? Versuchsbeendigung durch Absperrn der Sauerstoffzufuhr, Abstellen der Schaukelbewegung und Öffnen des oberen Glockenverschlusses. Glocke vorsichtig abheben. Tier in den Korb zurückbringen.

Ablesung der Sauerstoffzufuhr.

Inhalt der Schaukel am offenen Fenster filtrieren. 10 ccm des Filtrats werden gegen $\frac{1}{10}$ Normal-Oxalsäure titriert. Phenolphthalein (ein Tropfen) als Indikator. Welchen Vorgang zeigt der Farbumschlag an?

Berechnung der Gramm-Menge der abgegebenen CO₂: Die Titerdifferenz der Barytlaugenwerte vor und nach dem Versuch werden

auf 250 ccm aufgerechnet. Man erhält somit die Menge $\frac{1}{10}$ Normalsäure, welche deshalb am Versuchsschluß weniger benötigt wird, um die 250 ccm Barytlösung auszutitrieren, weil das Tier Kohlensäure in die Barytlösung ausatmete. Es seien a ccm Titerdifferenz der $\frac{1}{10}$ Normalsäure für die 250 ccm Barytlösung gefunden worden. Dann hat das Tier offenbar die in a ccm $\frac{1}{10}$ Normal-Kohlensäure enthaltene CO_2 -Menge in die Barytlösung der Schaukel abgegeben. Danach läßt sich die gr-Menge CO_2 in a ccm $\frac{n}{10}$ H_2CO_3 berechnen. Gang der Rechnung: Wieviel gr H_2CO_3 sind im Liter einer $\frac{n}{1}$ H_2CO_3 -Lösung (laut Definition einer Normal-Säurelösung) vorhanden? Mithin wieviel gr CO_2 ? Wieviel gr CO_2 in 100 ccm einer Lösung von $\frac{n}{10}$ H_2CO_3 ? Wieviel gr CO_2 also in a ccm einer Lösung von $\frac{n}{10}$ H_2CO_3 ?

Umrechnung auf 1 Stunde und 1 kg Tier. Umrechnung der Gramm CO_2 in Kubikzentimeter. 1 Liter CO_2 (0° , 760 mm Hg-Druck, trocken) wiegt 2 gr (genau 1,97 gr). Aufstellung des respiratorischen Quotienten, nach Reduktion der abgelesenen Sauerstoffmenge auf 0° , 760 mm Hg und Trockenheit, sowie ebenfalls Aufrechnung auf 1 Stunde und 1 kg.

Warum wird der respiratorische Quotient aus den Volumzahlen und nicht aus den Gewichtszahlen aufgestellt?

Aus welchen Zahlen kann man das Gewicht von 1 Liter O_2 berechnen, wenn das von 1 Liter CO_2 gegeben ist?

Bei übriger Zeit:

a) Besprechung und Ausführung einer *Zusatzrechnung* für den *Sauerstoffverbrauch*: Da die Temperatur im Glockenraum am Anfang und Ende des Versuchs nicht gleich ist, der Druck in ihm aber auf gleicher Höhe gehalten wurde, ist auch bei vollständiger CO_2 -Absorption die O_2 -Menge des Glockenraums nicht gleich. Man reduziert den das Tier umgebenden Glockenraum von der Anfangs- und Endtemperatur auf 0° . Die Differenz ist das gesuchte O_2 Volum. Die *Vollständigkeit* der CO_2 -Absorption kann durch Entnahme und Analyse einer Luftprobe aus dem Glockenraum vor Versuchsschluß nachgeprüft werden. Bei unvollständiger Absorption ist eine *Korrektionsrechnung* für die *Kohlensäure* auszuführen.

b) Berechnung der Wärmeabgabe (Stoffwechselgröße) aus dem Sauerstoffverbrauch (vgl. Praktikum 16).

16. Praktikum.

Gesamtgaswechselbestimmung am Menschen.

a) *Nach ZUNTZ-DOUGLAS.* Das Grundsätzliche des Verfahrens besteht darin, daß die Versuchsperson durch Atemventile (Zeichnung anfertigen!) aus der Zimmerluft (Zimmer gut lüften!) einatmet und in einen zunächst leeren dünnwandigen Sack ausatmet. Durch Analyse einer Probe der Sackluft (Verfahren ähnlich wie im 13. Praktikum) wird die prozentische Zusammensetzung der Ausatemungsluft bestimmt. Da die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft bekannt ist, kann die prozentische Abgabe von CO_2 und Aufnahme von O_2 ermittelt werden. Die ausgeatmete Luftmenge wird durch Austreiben in eine Gasuhr bestimmt. Die gemessene Menge wird auf 0° , 760 und Trockenheit reduziert (vgl. 14. Praktikum) und nun mit Hilfe der Prozentzahlen die während der Versuchsdauer aufgenommene O_2 - und abgegebene CO_2 -Menge in Litern berechnet. Aufstellung des respiratorischen Quotienten. Umrechnungen der gefundenen Sauerstoff- und Kohlensäuremenge auf 1 Stunde und auf 1 kg. Umrechnung in Gramm CO_2 . Vergleich mit den Zahlen des Versuchs am Meerschweinchen.

b) *Nach KROGH.* Das Grundsätzliche des Verfahrens besteht darin, daß man durch einen Schlauch in ein mit Schreibvorrichtung versehenes kastenförmiges Spirometer (zeichnen!) ausatmet und durch einen zweiten Schlauch aus ihm einatmet. Das Spirometer ist mit Sauerstoff gefüllt. Zur Steuerung des Luftstroms ist wieder ein Atemventil notwendig. Im Kasten ist ferner in großer Oberfläche über Holzstäbe ausgebreitetes Fließpapier enthalten, welches mit verdünnter Kalilauge getränkt ist. Diese absorbiert die CO_2 . Der Kastendeckel bewegt sich im Rhythmus der Atmung und zeigt dadurch das Atemvolum an. Dieses soll möglichst gleichmäßig sein (Einüben!). Infolge des Verbrauchs des Sauerstoffs und der gleichzeitig erfolgenden Absorption der ausgeatmeten Kohlensäure sinkt der Deckel allmählich gleichförmig ab. Aus der Höhe des Absinkens ergibt sich der Sauerstoffverbrauch. Zum Unterschied vom vorigen Verfahren sind hier also die Luftwege nach außen völlig abgeschlossen.

Berechnung entsprechend wie bei a). Ferner: Berechnung des Kalorienwertes für den Tag unter Zugrundelegung der Tatsache, daß auf 1 Liter O_2 etwa 4,8 Kal kommen. Des Näheren hängt die Zahl vom respiratorischen Quotienten ab.

Würde der Versuch an einem Menschen morgens vor dem Frühstück in Bettruhe ausgeführt, so wäre der erhaltene Kalorienwert als „Grundumsatz“ zu bezeichnen.

17. Praktikum.

Verbrennungskalorimetrie.

Bestimmung der Verbrennungswärme von 1 gr Milchzucker. Bei der vorliegenden STOHMANN'Schen Methode (Apparatur nach v. KRIES, siehe Abb. 9) wird die zu verbrennende Substanz (1,2 gr Milchzucker) in eine kleine Taucherglocke gebracht und mit chloresaurem Kali (13,5 gr) und Braunstein (1,5 gr) vermengt, damit die genügende Sauerstoffmenge zur Verfügung steht. Der Braunstein ist Katalysator. Gezündet wird mit einer in das Substanzgemisch hineinreichenden glühend gemachten Platinschlinge.

Die Kalorienanzahl ist aus Wassermenge und Temperatursteigerung zu berechnen. Wasserwert der Metallteile aus Gewicht und spezifischer Wärme zu ermitteln. Wägung der Eisen- und Kupfer- (bzw. Messing-) Teile für sich. Spezifische Wärme des Eisens 0,11, des Kupfers 0,09. Danach Ausrechnung der Wasserwerte für die Metallteile. Die Summe der Wasserwerte ist der tatsächlichen Wassermenge zuzuzählen. — Was ist 1 Kalorie? Was spezifische Wärme? Wasserwert?

Ausführung des Versuches:

Blechgefäß, welches mit isolierender Hülle umgeben ist, mit 2300 gr Wasser von Zimmertemperatur füllen. Genaue Temperaturablesung an feinem Thermometer. Chloresaures Kali und Braunstein, vor der Wägung sorgfältig getrocknet, wurden nach Pulverisieren der ersteren Substanz vorsichtig vermischt und dann der Zucker zugemischt. Stoßen oder zu starkes Reiben muß vermieden werden. Das Gemisch darf keine Brocken oder Ungleichmäßigkeiten erkennen lassen. Einfüllen des fertig bereitstehenden Gemisches in eine kleine Kupferbüchse, deren Löcher verklebt werden. Aufschrauben der Taucherglocke. Nach Zusammenstellung des Apparates und Schließung des Hahnes, welcher sich oben an dem

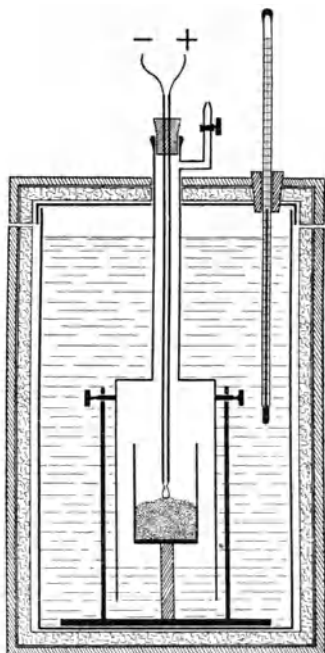


Abb. 9. Verbrennungskalorimeter
nach STOHMANN-V. KRIES.

in die Taucherglocke führenden Rohr befindet, wird der Apparat vorsichtig in das Wasser versenkt und nochmals die Temperatur unter Zuhilfenahme einer Lupe genau abgelesen. Vermeidung von Ablesungsparallaxe! (Bei welchen Ablesungsteilungen ist Fehler durch Parallaxe möglich, bei welchen nicht?)

Jetzt Zündung durch eine etwa 3 Sekunden lang währende Schließung des die Platinschlinge erhitzenden Stromes und abwarten, bis die unter Gasentwicklung vor sich gehende Verbrennung abgelaufen ist. Die Zündung wird vom Mechaniker überwacht, damit Durchbrennen der Schlinge vermieden wird. Darauf Öffnen des genannten Hahnes, Heben und Senken des Apparates im Wasser zur Erzielung des Temperatenausgleiches; von Minute zu Minute wird das Thermometer abgelesen und jeweils sein Stand notiert. Der höchste Stand wird der Rechnung zugrunde gelegt.

Von dem Kalorienwert (Temperaturdifferenz \times Summe von Wassermenge und Wasserwerten) sind abzuziehen die aus Zersetzung von 13,5 gr KClO_3 freiwerdende Wärmemenge und ihm zuzuzählen die bei Auflösung der dabei sich bildenden KCl-Menge gebundene Wärmemenge. Zersetzung von 1 g KClO_3 gibt 79 Kal, Auflösung von 1 gr KCl bindet 59 Kal. Die bei Zersetzung von 13,5 gr KClO_3 entstehende Menge KCl läßt sich mit Hilfe der Molekulargewichte berechnen. Wieviel gr KCl entstehen aus 122,5 gr KClO_3 ? Atomgewichte: K = 39; Cl = 35,5; O = 16.

Zum Schluß Umrechnung der Wärmemenge auf 1 gr Milchzucker in kleinen Kalorien. Anschreiben der Ergebnisse aller Gruppen an die Tafel. Genauer Wert (ermittelt mit BERTHELOT-BOMBE) für 1 gr Milchzucker ist 3780 kal. (4,1 Kal ist der Durchschnittswert für Gemisch von Mono- und Polysacchariden in Nahrungsmitteln. 1 gr Stärke hat 4228 kal.)

Die Bindung von Wärme bei Auflösen von KCl (s. oben) kann experimentell in einer Thermosflasche gemessen werden. 10 g KCl in 400 ccm Wasser lösen. Temperaturabnahme messen. Die Kalorien ergeben sich wieder als Produkt der Wassermenge und Temperaturdifferenz. Zusammenstellung der Ergebnisse für alle Gruppen.

18. Praktikum.

Tierkalorimetrie. Berechnung von Nahrungszusammenstellungen nach dem Kostmaß. Kaloriengehalt.

1. *Tierkalorimetrie.* Das *Grundprinzip* der Methodik (v. KRIES) besteht darin, daß ein Versuchstier (weiße Ratten oder Meer-schweinchen) in eine *Dewarsche* Flasche (Thermosflasche) gebracht wird, durch welche ein kupfernes Schlangenrohr läuft. Dieses wird

mit kaltem Wasser so durchströmt, daß die an einem Luftthermometer ablesbare Temperatur im Versuchsraum nicht steigt. Dann ist die entzogene Wärmemenge $= M_w \cdot \vartheta$, wenn M_w die Wassermasse in Gramm und ϑ die Temperatursteigerung des Wassers bedeutet. Sie ist gleich der vom Tier abgegebenen Wärme. Die Apparatur (Abb. 10) ist mit Kompensationseinrichtung versehen (im Bilde links), welche den Einfluß etwa erfolgender stärkerer Änderungen von Temperatur und Druck im Arbeitsraum ausgleicht. Die Versuchsausführung erfolgt zuerst an einer Ratte, darauf an einem jungen Meerschweinchen. Zuerst werden die

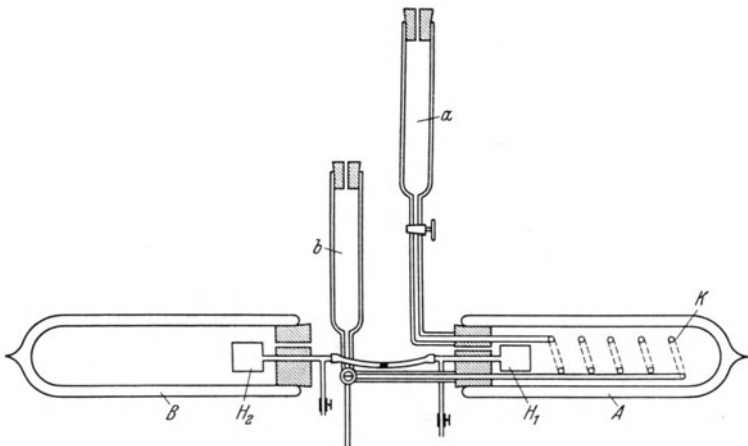


Abb. 10. Tierkalorimeter nach dem Grundverfahren von v. KRIES und D'ARSONVAL. A und B Dewarsche Flaschen. A der Tierraum, B der Kompensationsraum. H_1 und H_2 Hohlräume des Luftthermoskopes, a und b Zu- und Abflußflasche zum Kupferrohr K.

Hähne so gestellt, daß der Tropfen nach außen ganz abgeschlossen ist. Tier wägen und dann in die Flasche setzen, Flasche dicht an die Korkfläche schieben. Hähne so drehen, daß die Luftkapseln H_1 und H_2 nach außen abgeschlossen sind und der Weg zum Tropfen frei ist. Eiswasser fließen lassen, wenn der Tropfen vom Tier weg zu wandern beginnt. Zufluß wieder abstellen, wenn der Tropfen rückwandert usw. Der Tropfen soll also nur wenig um die durch einen kleinen Gummiring angegebene Nullstellung hin und her wandern. Versuchsdauer 20 Minuten.

Die erhaltenen Werte sind auf 1 kg und 1 Stunde umzurechnen.

Aufschrift aller erhaltenen Werte auf die Tafel. Vergleich untereinander und mit früheren Werten.

2. Nahrungsberechnungen. Nach vorgelegten Tabellen über die

Zusammensetzung von Nahrungsmitteln sollen verschiedene „Nahrungen“ nach den Angaben des Voitschen Kostmaßes berechnet werden. Berechnung des Kaloriengehaltes des Voitschen Kostmaßes. Weitere Nahrungsberechnungen bei geringerem Eiweißgehalt (etwa 80 gr) für 2400—3000 Gesamtkalorien. Man berechne z. B. eine Nahrung aus Kartoffeln mit Hering, und Milch mit Brot.

19. Praktikum.

Grundversuche aus der Elektrizitätslehre.

1. *Bestimmung einer elektromotorischen Kraft* nach dem Ohmschen Gesetz. Akkumulator oder Daniellsches Element, Stromschlüssel, Stromwender, Galvanometer (Milliamperemeter) werden zu einem Stromkreis verbunden. Ist dessen Widerstand und die Stromstärke bekannt, so kann die elektromotorische Kraft berechnet werden. Widerstand des vorliegenden Galvanometers 100 Ohm. Frage, ob dagegen die übrigen Widerstände vernachlässigt werden dürfen. Der Versuch wird erst mit einem Akkumulator, dann mit einem Daniellschen Element ausgeführt.

2. *Bestimmung eines Widerstandes* im Hauptkreis. Stromkreis wie bei 1., jedoch mit Einschaltung des zu bestimmenden Widerstandes. Genaue Ablesung der Stromstärke, Berechnung des Widerstandes nach der Ohmschen Gleichung unter Einsetzung des bei 1. ermittelten Wertes der elektromotorischen Kraft des Akkumulators. Wiederholung der Bestimmung mit zwei hintereinander geschalteten Akkumulatoren.

3. *Bestimmung eines Widerstandes* mit der *Wheatstoneschen Brückenmethode*. Schema für die Anordnung (Abb. 11). Wenn C und D gleiches Potential haben, ist $r_1:r_2 = r_3:r_4$. Also: Wenn die Brücke, welche das Galvanometer enthält, stromlos ist, verhält sich der zu bestimmende Widerstand r_1 (in unserem Fall eine Induktionsspule, oder ein bekannter, aber als unbekannt angenommener Widerstand) zum Vergleichswiderstand r_2 ($= 100$ Ohm) wie die durch den Schieber C abgeteilten Drahtlängen AC und CB . Man suche diejenige Schieberstellung auf, bei welcher das Galvanometer eben noch nach links und diejenige, bei welcher es eben noch nach rechts ausschlägt und nehme das arithmetische Mittel beider Schieberstellungen. Ausführung des Versuches mit verschiedenen Vergleichswiderständen. Zur Erhöhung der Meßgenauigkeit kann der 100 Ohm-Vorschaltwiderstand des Galvanometers fortgelassen werden, wenn im Vorversuch die Nullstelle des Schiebers ungefähr ermittelt wurde. Vorsicht bei Verwendung des Galvanometers ohne Vorschaltwiderstand!

4. *Bestimmung einer elektromotorischen Kraft* mittels der Kompensationsmethode von POGGENDORFF. Zeichnung für die Anordnung (Abb. 12). Am Nullpunkt der Skala des Meßdrahtes müssen gleichnamige Pole angeordnet sein. Die Schieberstellung ist so aufzusuchen, daß in der Zweigleitung, welche die zu bestimm-

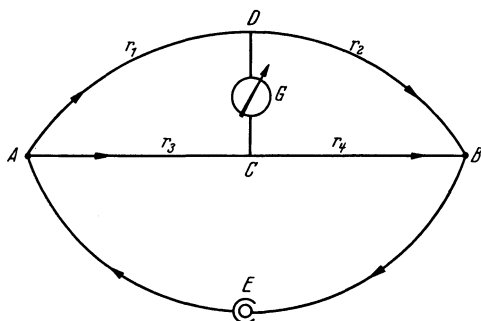


Abb. 11. Anordnung zur Bestimmung eines Widerstandes r_1 mit der Wheatstoneschen Brücke. AB ist der Meßdraht, C ein auf ihm verschiebbarer Kontakt, r_2 ein bekannter Vergleichswiderstand. DC ist die Brücke. In ihr liegt das Galvanometer (ein Nullinstrument, Galvanoskop, würde genügen). r_3 und r_4 sind die Widerstände der Drahtstrecken AC und CB .

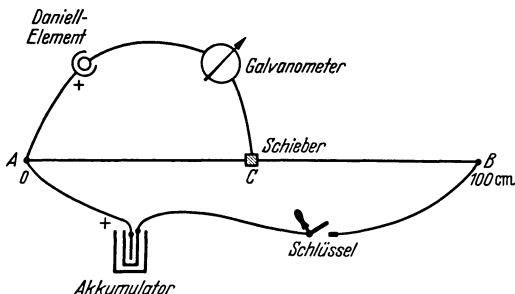


Abb. 12. POGGENDORFFS Kompensationsmethode: Anordnung zur Messung der elektromotorischen Kraft des als unbekannt vorausgesetzten Daniellschen Elements mit der Gegenschaltmethode. Von den 2 V des Akkumulators kann mit Hilfe des Schiebers C eine veränderliche Potentialdifferenz e der des Daniell-Elements gegengeschaltet werden. Der Schieber ist so einzustellen, daß das Galvanometer (ein Galvanoskop würde hinreichen) keinen Ausschlag zeigt.

mende elektromotorische Kraft und ein Galvanometer (es genügt als „Nullinstrument“ ein Galvanoskop) enthält, kein Strom fließt. Die zu bestimmende elektromotorische Kraft e ist mit entgegengesetztem Vorzeichen gleich der Potentialdifferenz zwischen dem Nullpunkt des Meßdrahtes und der Schieberschneide. Es ist $e = \frac{w}{W} E$. Hierbei bedeutet E die elektromotorische Kraft des

Akkumulators, e diejenige des zu bestimmenden Elementes (etwa DANIELL), W den Widerstand des ganzen Hauptkreises, w denjenigen der Strecke zwischen den Ableitungsstellen. Der Spannungsabfall im Meßdraht ist geradlinig (Schemazeichnung anfertigen). Mittels des Schiebers wird aus diesem Spannungsgefälle der Betrag abgegriffen, welcher der zu messenden Spannung mit entgegengesetztem Vorzeichen gleich ist.

5. *Versuche über galvanische Polarisaton.* Zwei mit Drähten verbundene Bleche aus Neusilber (statt Platin) werden in verdünnte Schwefelsäure getaucht und mit den Mittelklemmen einer Wippe ohne Kreuz (Umschalter) verbunden. Das zweite Klemmenpaar führt zu einem Akkumulator, das dritte zu dem Milliampereometer (Schaltung zeichnen!). Polarisaton der Zelle, Nachweis des Polarisationsstromes. Ausführung des entsprechenden Versuches mit Zinkstäben in Zinksulfat, Kupferstäben in Kupfersulfat, sowie mit Bleistäben in Bleiacetat. Zeichnungen der Vorgänge in der Polarisationszelle (Ionenwanderung) anfertigen!

6. Herrichtung *unpolarisierbarer Elektroden*: Glasröhrchen sind mit Gipspfropf verschlossen, in welchem Wollfäden stecken. Einfüllen von CuSO_4 , in welches der Kupferdraht eintaucht. Meist wird ein Zinkstab (am oberen Ende mit dem Cu-Leitungsdraht verbunden) in Zinksulfat getaucht, verwendet.

20. Praktikum.

Nervenreizung mit dem galvanischen Strom.

1. *Versuche am Froschnerven* (Nerv-Muskelpräparat). Es wird erst die *technische Anordnung* getroffen (s. Abb. 13). Zur Abstufung der Stromstärke im Nerven wird die Methode der Abzweigung verwendet. Stromquelle mit Schlüssel und Meßdraht verbunden. Von dessen Nullpunkt und Schieber Abzweigung, unter Zwischenschaltung eines Stromwenders, zu den unpolarisierbaren Elektroden des Statives, welches außerdem eine Knochenklemme, eine Klemme für die Haut des Unterschenkels und ein Nervenbänkehen trägt. Auf einem Papier unter dem Stromwender wird die Stromrichtung im Nerven bezeichnet (auf- und absteigend).

Jetzt erst *Herstellung eines Froschschenkelpräparates* mit Hüft-nerv. Ein Frosch wird durch Köpfen und schnelles Ausbohren des Zentralnervensystems getötet (2. Praktikum). Eröffnung der Bauchhöhle, Eingeweide kopfwärts ablösen, Wirbelsäule unterhalb der Vorderbeine durchschneiden. Am Schenkelpräparat wird

ein kreisförmiger Hautschnitt dicht oberhalb des Knies gemacht, von da aus die Haut auf der Rückenseite in der Mitte des Oberschenkels und der Beckengegend gespalten (Verwendung von Schere und Pinzette). Nach Schlitzung der Oberschenkel fascia und

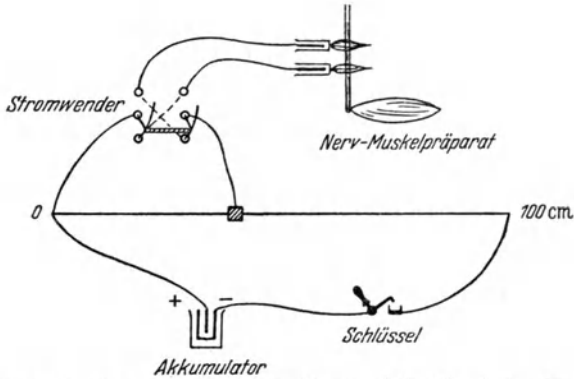


Abb. 13. Anordnung zur Reizung des Nerven mit dem konstanten Strom.

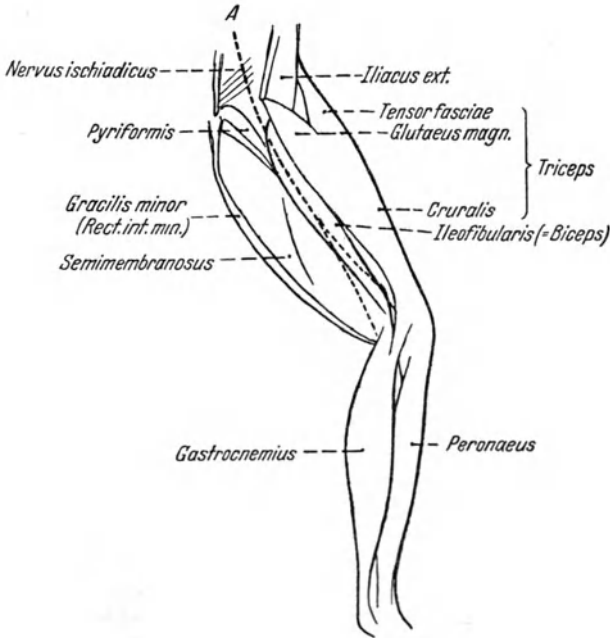


Abb. 14. Muskeln des Froschbeins, Rückseite. Der N. ischiadicus, der unter dem M. ileo-fibularis verläuft, ist gestrichelt eingezeichnet.

Auseinanderziehen der Muskeln mit Pinzetten sieht man den Hüftnerven (Abb. 14). Dieser darf mit den Instrumenten nicht berührt werden. Freilegung des Nerven bis zum Austritt seiner Äste aus dem Wirbelkanal, Unterbindung dort mit einem Faden, zentrale Durchschneidung, völlige Freilegung des Nerven bis an das Knie unter Durchschneidung aller höher abgehenden Äste. Der Nerv wird nur mittels des angebundnen Fadens aufgehoben; er soll nur mit reinen Stellen der Glasplatte in Berührung kommen und nicht die Unterschenkelhaut berühren. Der Unterschenkel ist deshalb

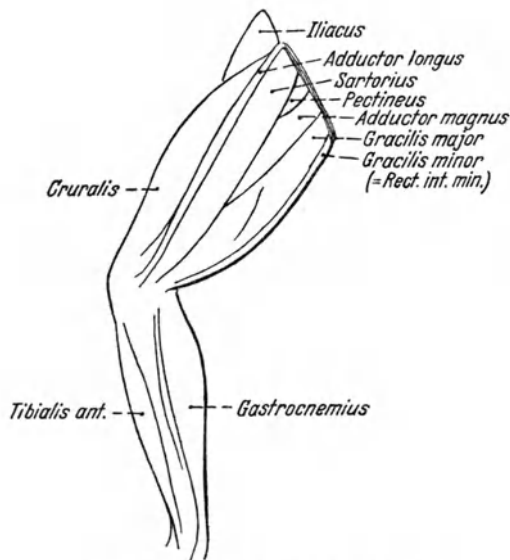


Abb. 15. Muskeln des Froschbeins, Vorderseite.

in Fließpapier einzuschlagen. Nun werden die Muskeln des Oberschenkels oberhalb des Knies durchschnitten (Achtung auf den Nerven), vom Knochen abgelöst und dieser nahe dem Hüftgelenkkopf mit starker Schere durchschnitten. Befestigung des Präparates auf dem Stativ derart, daß die Pfote nach oben steht; die Unterschenkelhaut wird in der Hautklemme, der Oberschenkel in der Knochenklemme gefaßt und der Nerv dem Hartgummibänkchen aufgelegt (Abb. 16). Die Wollfäden der unpolarisierbaren Elektroden kommen unter den Nerven in einen gegenseitigen Abstand von etwa $\frac{1}{2}$ cm. Der Nerv wird mit einem feuchten Gummiblättchen so bedeckt, daß er bis ganz an die Eintrittsstelle in den Unterschenkel vor Vertrocknung geschützt ist.

Aufsuchung der Schwellenwerte für Schließung und Öffnung des konstanten Stromes für beide Stromrichtungen. Eintragung in eine übersichtliche Tabelle. Wiederholung des gleichen Versuches für zwei weitere Nervenstellen, in verschiedenem Abstand vom Muskel. Ist die Stromwirkung in Schwellennähe gesetzmäßig von der Stromrichtung abhängig?

Versuche über „Einschleichen“ des Stroms unter Verwendung einer Zinksulfatrinne an Stelle des Meßdrahtes.

2. *Reizung motorischer Nerven am Menschen.* Schemazeichnungen für die verschiedenen gebräuchlichen Methoden zur Abstufung der Stromstärke. Wir benutzen die Abzweigung aus einem Hauptkreis (wie am Froschnerv) unter Benutzung der Gleichstrom-Lichtleitung von 220 V. Wieviel Ohm Widerstand müssen vorgeschaltet werden, damit die Stromstärke im Hauptkreis z. B. 1,2 Amp beträgt?

Feststellung, welche Klemmschraube zum

Anfang und Ende des Widerstandes und welche zum Schieber gehört. Anfangs- und Endklemme werden unter Zwischenschaltung eines doppelpoligen Schlüssels mit der Deckenzuleitung verbunden; ferner wird die Anfangsklemme und der Schieber des Widerstandes mit den Elektroden unter Einschaltung eines Milliampereometers und eines Stromwenders verbunden. Der Schieber wird zunächst auf Null gestellt. Reizung des Daumenballens der Hand, deren Rücken der indifferenten Elektrode mit voller Fläche anliegt, oder der Nerven an der Volarseite des Vorderarms mit der differentiellen Elektrode. Die Hand wird mit heißem Wasser gut durchfeuchtet. Stromstärke nicht viel über 10 MA gehen lassen; mit ganz schwachen Strömen anfangen. Stelle, der die differente Elektrode aufgesetzt ist, verändern, bis eine günstige Stelle gefunden ist. Es sollen nun die Stromstärken abgelesen werden, bei welchen für

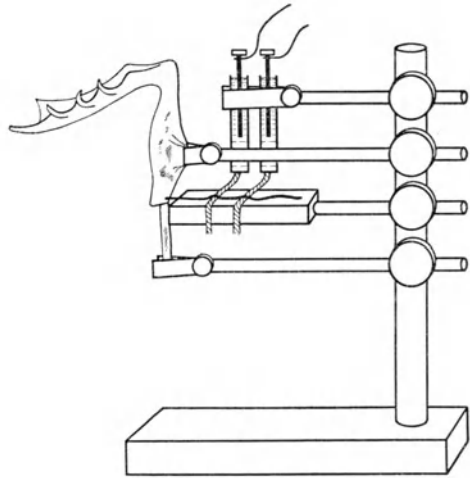


Abb. 16. Anordnung des Nervenmuskelpräparats am Stativ. Die obere Klemme faßt die unpolarisierbaren Elektroden, über deren Wollfäden der Nerv gelagert ist.

beide Stromrichtungen eben eine Zuckung bei Stromschluß (notieren als KSZ und ASZ) gefunden wird.—Vorsicht bei den Versuchen mit starken Stromquellen!

21. Praktikum.

Nervenreizung mit Induktionsströmen. Chronaxiebestimmung mit kurzdauerndem konstanten Strom.

1. Wirkung von Induktionsströmen.

a) *Am Froschnerven.* Präparat und Anordnung am Stativ wie im vorigen Praktikum. Das Präparat wird wiederum erst nach völliger Fertigstellung der übrigen Anordnung hergestellt. Im Primärkreis ein Akkumulator, Stromschlüssel, primäre Spule (zunächst ohne Wagnerschen Hammer); im Sekundärkreis die Sekundärspule, Stromwender, die unpolarisierbaren (oder auch einfache metallene) Elektroden. Experimentelle Polbestimmung im Sekundärkreis mittels Polpapier (Fließpapier in Jodkali-Stärkekleister getränkt, getrocknet, vor Gebrauch anfeuchten). Aufschrift der Stromrichtung an der Wippe.

Am Froschpräparat werden für verschiedene Nervenstellen die Schwellen für Schließungs- und Öffnungs-Induktionseinzelschläge beider Richtungen aufgesucht und die Ergebnisse in einer Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

Ausgleich der verschiedenen Wirkung von Schließungs- und Öffnungs-Induktionsschlägen mit der Nebenschlußmethode. Der Primärstrom wird nicht unterbrochen, sondern durch eine Nebenschließung zur Primärspule, die abwechselnd geschlossen und geöffnet wird, beträchtlich in seiner Stärke verändert. Einfluß des geänderten zeitlichen Verlaufes der Ströme auf das Ergebnis am Nerven.

Verwendung des Wagnerschen Hammers, Schemazeichnung seines Baues. Aufsuchung der Schwelle für die Reizung.

b) *Reizung motorischer Nerven am Menschen.* Es sollen unter Verwendung von Metallelektroden oder der differentiellen und indifferenten Elektroden an der Hand und dem Vorderarm verschiedene motorische Reizpunkte aufgesucht und mit Stift bezeichnet werden, unter Verwendung von Einzelreizen oder Einschaltung des Wagnerschen Hammers. Ermittlung der Schwellenwerte für die einzelnen Punkte.

2. Chronaxiebestimmung.

Es handelt sich um Bestimmung der *Zeiddauer*, während deren ein *konstanter Strom* bestimmter Stärke durch den Nerven oder Muskel fließen muß, um eben wirksam zu sein. Diese Zeit

läßt einen Schluß auf den Zustand der Nerven zu. Es wird also eine *zeitliche Schwelle* bestimmt. Die zu wählende Stromstärke ist das Doppelte der Stärke des Schwellenreizes bei längerer Stromdauer (vgl. 20. Praktikum). Da diese Zeitschwellen beim Nerven zu klein sind, werden sie hier am *stillstehenden Herzen* untersucht.

Versuchsanordnung (Abb. 17): Akkumulator, Meßdraht, Ableitung im Zweigkreis wie in Abb. 13 (20. Praktikum). Es werden

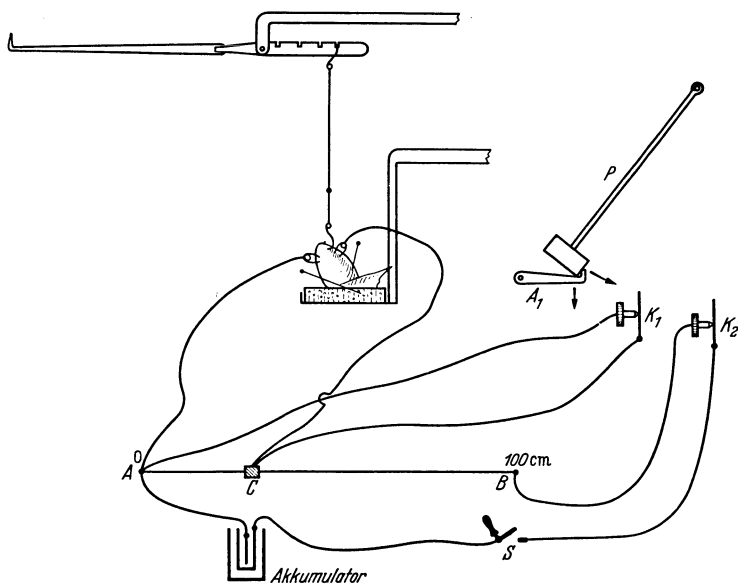


Abb. 17. Schaltung für den Chronaxieversuch.

S Handschlüssel im Hauptzweig. *K*₂ zweiter Kontakt des Helmholtz-Pendels *P*, ebenfalls im Hauptzweig. *K*₁ erster Kontakt des Helmholtz-Pendels, als Nebenschluß zum Nebenzweig geschaltet, welcher von *AC* ausgehend zum Herzen führt. Herz in Suspensionsanordnung. Reizzufuhr mit kleinen Drahtklemmen. *A*₁ die Auslösvorrichtung des Pendels.

noch zwei weitere Kontakte, 1 und 2, eingeschaltet, und zwar *K*₂ in den Hauptkreis als Unterbrechungskontakt, *K*₁ im Nebenschluß zum Präparat. Sind der Schlüssel *S* und der Kontakt 2 geschlossen, so fließt durch das Präparat nur Strom, wenn Kontakt 1 offen ist. Beide Kontakte können schnell nacheinander durch ein Fallpendel (Helmholtz-Pendel) geöffnet werden, und zwar der Kontakt 1 im Nebenschluß immer zuerst. Der Zeitabstand der Öffnungen von Kontakt 1 und 2 ist mithin die Durchströmungszeit (Reizzeit). Die Zeit läßt sich durch Verschiebung der Kontakte verändern.

Versuchsverfahren: Die Versuche sind bei möglichst tiefer Temperatur auszuführen. Herz in Becherglas, an dessen Boden einige kleine Eisstücke liegen. Becherglas oben mit feuchtem Fließpapier gut zudecken, durch welches der Suspensionsfaden hindurchläuft. Becherglas von außen durch Eintauchen in Eiswasser (in größerem Glas) gekühlt. Ermittlung der Schwellenreizstärke für die Schließung bei längerer Dauer des Stromes (sog. Rheobase). Verdopplung dieser Reizstärke. Abkürzung der Reizdauer bis zur *zeitlichen* Schwelle. Diese wird *Chronaxie* genannt.

Weitere Versuche mit 1,5facher, 3facher, 4facher Schwellenreizstärke. Man findet kleinere bzw. größere Zeitschwellen als mit 2facher Schwellenreizstärke.

Kurvendarstellung der Ergebnisse: Reizstärken als Ordinaten,

Eichwerte für die
Kontaktabstände.

Kontakt- abstand cm	Zeit in Sigmen ($1\sigma = 0,001$ Sek)
1	4,5
2	9
4	18
6	27
8	38

Zeitwerte als Abszissen. Da die Reizstärken der Spannungsdifferenz an den Ableitungsstellen *A* und *C* der Abzweigung proportional sind, kann man als Ordinaten auch diese Spannungsdifferenzen *e* auftragen und mithin die graphische Darstellung als Reizzeit-Spannungskurve bezeichnen.

Die gefundenen Kontaktabstände sind nach nebenstehender Eichtafel in Sigmen ($1\sigma = 0,001$ Sek) umzurechnen.

22. P r a k t i k u m.

Graphische Untersuchung der Muskelzuckung.

1. Herrichtung der *Anordnung*. Die aus dem 1. Praktikum bekannte Trommelbenutzung wird nochmals eingeübt. Der erst ganz zuletzt zu präparierende Gastroknemius (Abb. 14 u. 15) des Frosches wirkt am einarmigen Hebel, der in richtiger Höhe und mit richtiger Lage seiner Achse einzustellen ist. Die Reizeinrichtung, für welche ein Schema zu zeichnen ist, besteht aus primärem und sekundärem Kreis; ersterer enthält den Akkumulator (oder Taschenlampen-Batterie), den an der Trommel befindlichen Unterbrechungskontakt, einen Stromschlüssel, die primäre Spule des Induktoriums (ohne Einschaltung des Wagnerschen Hammers); der sekundäre Kreis besteht aus sekundärer Spule und Zuleitung zum Muskel (Klemmschrauben am Stativ).

2. *Präparation* des Gastroknemius eines getöteten Frosches: Entfernung des Vordertes des Frosches (s. 20. Prakt.); Kreischnitt dicht oberhalb des Knies, Entfernung der Muskeln vom

Oberschenkelknochen, Durchschneidung des Knochens mit starker Schere unterhalb des Schenkelkopfes; Kreisschnitt der Haut dicht oberhalb des Sprunggelenkes; Haut vom Fuß abziehen; Präparation der Ausstrahlung der Achillessehne an der Fußplantar, Durchschneidung in Fußmitte, Schlitzung der Sehnenscheide an der Ferse, Abziehen des mit Pinzette an der Sehne gefaßten Gastroknemius vom Unterschenkel; Durchschneidung des Unterschenkelknochens dicht am Kniegelenk. Die Haut wird schlauchartig wieder über den Muskel gezogen. In den Sehnenknorpel wird ein kleines Loch gestochen, in welches der mit dem angelöteten Zuleitungsdraht versehene Haken eingehakt wird, der dann am Hebel angreifen soll. Zweite Elektrode am Knochenende anklennen.

3. *Aufschreibung einiger isotonischer Muskelzuckungen* (Achsenbelastung). Markierung des Reizmomentes: Anlegung des Trommelstiftes an den geschlossen gehaltenen Kontakt, Ausführung einer Muskelzuckung bei in dieser Stellung ruhender Trommel. — Was ist eine Muskelzuckung? Was isotonisch? isometrisch?

4. *Ausrechnung* der Latenz und Gesamtdauer einer isotonischen Muskelzuckung nach Zeitschreibung mit der Stimmgabel in $\frac{1}{100}$ Sek.

5. *Aufschreibung einer Schar von Muskelzuckungen bei verschiedener Belastung*. Jede Zuckung wird bei stillstehender Trommel geschrieben. Zwischen zwei Zuckungen wird die Trommel ein wenig weitergedreht. Berechnung der verrichteten Arbeit. Was ist Energie? Arbeit? Kraft? Masse? Beschleunigung? Geschwindigkeit? Was ist „statische“, was „dynamische“ Arbeit? Welches ist der beide umfassende biologische Arbeitsbegriff?

6. *Bestimmung der Kraft* des Muskels. Bei unbelastetem Muskel wird unter den Hebel eine feste Stütze derart angebracht, daß der Hebel ihr in unveränderter Stellung (also bei unveränderter Länge des Muskels) aufliegt. Bestimmung desjenigen Gewichtes, welches, unmittelbar unter dem Muskel angreifend, von ihm eben nicht mehr von der Unterstützung abgehoben werden kann. Es wird ein Glaskolben angehängt, in welchen aus einem Meßzylinder Wasser eingefüllt wird. Das Gewicht des Kolbens ist mit zu berücksichtigen. — Was ist absolute (besser: spezifische) Kraft? Wie kann der Querschnitt des Muskels gemessen werden?

7. *Summierte Zuckungen*. Anordnung wie bei 1., mit der Änderung, daß zwei schnell hintereinander wirkende Reize benutzt werden. Die primäre Spule eines Induktionsapparates ist mit einem Akkumulator und einem Schlüssel zu verbinden. Es werden nun *summierte Zuckungen* bei Wirkung zweier in zu-

nehmendem Intervall eintreffender Reize aufgeschrieben. Die Trommel wird ohne Benutzung der Schleudervorrichtung auf schnellsten Umlauf mittels Uhrwerk (ohne Windflügel) eingestellt. Man gibt die beiden Reize (Einstellung auf maximale Reizstärke für die Öffnungen *und* Schließungen) durch schnell nacheinander folgendes Schließen und Öffnen des Schlüssels im Primärkreis aus freier Hand. In wiederholten Versuchen wird der Zeitabstand abgeändert. Wann tritt die größte Zuckungshöhe auf?

8. Zum Studium des Entstehens des *Tetanus* werden mit Handbetätigung des Stromschlüssels eine Reihe schnell sich folgender Reize gegeben. Darauf Verwendung eines Federunterbrechers von niedriger und veränderlicher Frequenz und des Wagnerschen Hammers. Stärke und Frequenz der Reize sind zu verändern. — Was ist ein Tetanus? Was ist ein vollkommener, unvollkommener, maximaler Tetanus?

9. *Bei übriger Zeit:*

a) Aufschrift von *Ermüdungsreihen* am Froschmuskel. Nach dem Metronomschlag wird der Muskel in 1 Sek Intervall oder schneller gereizt (Handschlüssel). Jede Minute wird die in der Zwischenzeit stillstehende Trommel ein kurzes Stück laufen gelassen. Feststellung der erholenden Wirkung eingeschalteter Pausen.

b) Versuche mit dem Mossoschen *Ergographen* am Menschen. Mit dem Finger der festgelegten Hand wird mittels einer über eine Rolle geführten Schnur ein Gewicht gehoben. Die Hubhöhen werden auf waagrecht liegender Trommel aufgezeichnet. Die Beugungen des Fingers werden nach dem Rhythmus des Metronomschlages ausgeführt. Die Versuche werden nacheinander im Rhythmusintervall von 3, 2, 1 und $\frac{1}{2}$ Sek ausgeführt.

23. P r a k t i k u m.

Ruhe- und Aktionsstrom am Muskel (Herz- und Skelettmuskel).

1. *Methode.* Die bei Ruhe und Tätigkeit am Muskel ableitbaren Ströme werden mittels *Kapillarelektrometer* (Abb. 18) beobachtet. Zeichnung des Instrumentes in seiner einfachsten Form und in der vorliegenden, vor Verstaubung gesicherten Ausführung. Werden die beiden Quecksilberflächen mit zwei Stellen verschiedenen Potentials verbunden, so verschiebt sich der Quecksilberfaden in der Kapillare, im Mikroskop beobachtbar und mittels Okularmikrometer meßbar. Der Ausschlag erfolgt in der Richtung des Stromes und ist der Potentialdifferenz proportional.

Daher ist das Instrument kein Galvanometer, sondern ein Elektrometer.

2. Die Ausschläge werden zunächst *geeicht*. Ein Daniell-Element wird mit den Enden eines Meßdrahtes verbunden, von seinem Nullpunkt und dem Schieber wird unter Zwischenschaltung eines Stromwenders zu den Polklemmen des Kapillarelektrometers abgeleitet. Feststellung des Ausschlages in Skalenteilen des Okularmikrometers für 0,01 bis 0,05 V für beide Stromrichtungen. Nach jeder Ablesung ist das Instrument in sich kurz zu schließen. Tabelle des Ergebnisses anlegen.

Es ist bei allen Versuchen darauf zu achten, daß das Elektrometer nicht mit mehr wie etwa 0,1 V benutzt wird. Bei zu hohen Spannungen tritt Störung durch Elektrolyse (Gasblasen) auf.

3. *Ruhestrom*. Herrichtung von unpolarisierbaren Tonelektroden, mit denen zum Elektrometer abgeleitet wird. Präparation eines Gastroknemius vom getöteten Frosch, dem nach Entfernen des Vorderkörpers die ganze Haut abgezogen wird (Handtuch zum Anfassen). Der Muskel kommt zunächst mit möglichst unverletzten Stellen (gewölbte Seite des Muskels!) über die Elektroden, die über einen Stromwender mit dem Kapillarelektrometer unmittelbar verbunden werden. Ablesung der Ausschläge bei beiden Stellungen des Stromwenders. Dann Anlegung eines Querschnittes mit scharfer Schere. Längs-Querschnittanordnung des Muskels auf den Elektroden. Ablesungen wieder für beide Stromrichtungen. Ermittlung einer etwa in den Elektroden bedingten Potentialdifferenz durch Aneinanderschieben der Elektroden nach Fortnahme des Muskels. Die elektromotorische Kraft des Verletzungsstroms wird aus der unter 1. ermittelten Eich-tabelle entnommen.

4. *Aktionsstrom*. Ausschneiden des Froschherzens aus einem getöteten Tier (wie im 3. Praktikum), Lagerung mit unverletzten Stellen des Vorhofs und der Kammerspitze auf Tonelektroden, Beobachtung der zweiphasischen Aktionsströme und Zeichnung in Kurvenform. Darauf äußerste Kammerspitze abschneiden, Beobachtung und Zeichnung der monophasischen „negativen Schwankung“ bei Ableitung vom Querschnitt an der Kammerspitze und der unverletzten Basisgegend (oder vom Vorhof).

5. Bestimmung der *elektromotorischen Kraft* des Ruhestromes des Gastroknemius mit der Kompensationsmethode (Abb. 18). Anordnung ganz entsprechend der im 19. Praktikum beschriebenen Schaltung (Abb. 12). An Stelle des Milliampere-meters der Abb. 12 ist das Kapillarelektrometer, an Stelle des Daniell-Elementes der Muskel zu setzen; der Querschnitt desselben entspricht bei der An-

44 Ruhe- und Aktionsstrom am Muskel (Herz- und Skelettmuskel)-

ordnung dem Zink des Daniell-Elementes, ist also auf der Seite des negativen Pols der Stromquelle (Abb. 18) anzuordnen.

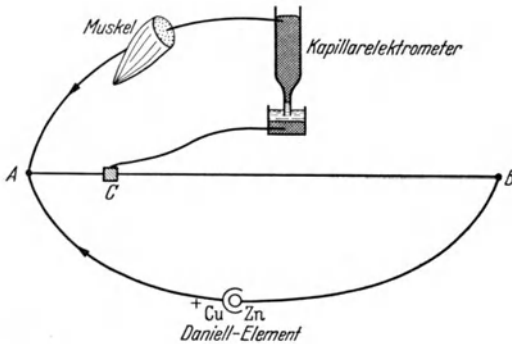


Abb. 18. Anordnung zur Messung der Potentialdifferenz am verletzten Muskel (Verletzungsstrom) mit Hilfe des Gegenschaltverfahrens (Kompensationsmethode von DU BOIS-REYMOND und POGGENDORFF). Das Kapillarelektrometer dient hier lediglich als Nullinstrument. Es kann also durch ein hinreichend empfindliches Galvanoskop ersetzt werden. — Was ist ein „Nullinstrument“?

6. Bei übriger Zeit:

a) Beobachtung des Aktionsstroms des Herzens am Menschen. Kleines Saitengalvanometer (Abb. 19). Ableitung mit feuchten

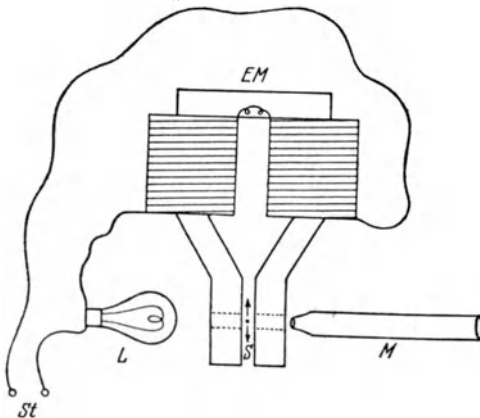


Abb. 19. Saitengalvanometer von EINTHOVEN. S Die Saite. Die Lampe L und der Elektromagnet EM können von der gleichen Stromquelle gespeist werden, wenn Gleichstrom (220 V) vorhanden ist. Meist wird für den Elektromagneten eine besondere Batterie verwendet. M das Betrachtungs- oder Projektionsmikroskop. Der Beleuchtungskondensator wurde in der Zeichnung fortgelassen.

Binden (oder mit Wannen-Elektroden) vom r. Arm und l. Arm oder r. Arm und l. Bein. (Einthovens Abl. I und II. Die Ableitung III wird vom l. Arm und l. Bein gemacht.) Richtige Schaltung beachten. Die R-Zacke muß nach rechts liegen, wenn die photographische Aufnahme auf nach oben laufendem Papier erfolgen würde.

Zeichnung des gesehenen Aktionsstroms (Ekg = Elek-

trokardiogramm). Wird am Okular bei der Betrachtung ein Umkehrprisma angewendet, so kann das Bild um 90° gedreht werden, so daß der Ausschlag der R-Zacke nach oben gerichtet erscheint.

Welches sind die hauptsächlichlichen „Phasen“ (=Zacken, Schwankungen, also Abweichungen von der Nulllinie) des Ekg? Welchem Geschehen im Herzen entsprechen sie? Bedeutet hier „Phase“ dasselbe, wie in der physikalischen Schwingungslehre?

b) *Aktionsströme der menschlichen Armmuskeln*: Beide Arme werden in mit warmer Kochsalzlösung gefüllte Wannen gelegt, welche zum Saitengalvanometer abgeleitet sind. Die eine Hand hält ein Collinsches Dynamometer, welches rhythmisch sehr kräftig gedrückt wird. Wiederholung des Versuchs mit geringerer Kraft des Handschlusses. Es kann auch von nur einem Arm mit zwei Trichter-Elektroden abgeleitet werden.

24. Praktikum.

Reflexe. Reaktionszeiten.

1. *Reflexbeobachtungen am Frosch*. Reflexpräparat: An einem mittelgroßen Frosch wurde schon vorher mit sehr kleinem spitzem Messer das Mark in dem Raum zwischen Occiput und erstem Wirbel durchschnitten und das Gehirn zerstört. Bei Kopfbeugung findet man die Einstichstelle leicht mit stumpfem Instrument (Sonde od. dgl.) auf. Man kann den Eingriff so ausführen, daß kein nennenswerter Blutverlust erfolgt, wenn man sogleich nach Schnittausführung ein schon vorbereitetes etwas zugespitztes Stäbchen (Streichholz) in die Schädelhöhle, das Gehirn zerstörend, einschleibt. Das herausragende Ende dient zum Anfassen des Präparates. Kaltfrösche für die meisten Versuche am geeignetsten.

Beobachtung von mechanisch ausgelösten Reflexen. Man beachte die Lagerung der Gliedmaßen auf der Glasplatte, das Anziehen der Beine nach Auflegen des Präparats, das Verhalten bei leichtem Kneifen der Zehen der Hinter- oder Vorderbeine in Hängelage, die gekreuzt-antagonistische Hemmung, den Gehreflex (an besonders erregbaren Kaltpräparaten), den Sohlenberührungsreflex (desgl.), den Tonus bei Einhängen des Präparates in kaltes Wasser.

Reizung der Pfote des hängenden Präparates mit Säuren verschiedener Konzentration. Geeignet sind Schwefelsäurelösungen von 0,05, 0,1 und 0,15%. (Eine $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 ist etwa 0,5proz.) Nach jeder Reizung ist die Pfote gut mit Leitungswasser (in großem Gefäß) abzuspülen. Es werden nach Metronomschlag oder der Sekundenuhr die Reflexzeiten in ihrer Abhängigkeit von der Konzentration festgestellt.

Beobachtungen über *Abwischreflexe* bei örtlich umgrenzter Säurereizung mit in stark verdünnte Essigsäure getauchten und der Haut aufgelegten Fließpapierstückchen. Nach jedem Einzelversuch Abspülen mit Wasser. Die Reizung erfolgt an verschiedenen Hautstellen, teils in der Mittellinie, teils seitlich, je oben und unten.

Reflexhemmung beim Goltzschen Quakversuch (große männliche Wasserfrösche) durch Drücken an der Wade. Auslösung des Quakreflexes durch Streicheln der Rückenhaut.

Anordnung zur *elektrischen Pfotenreizung* mittels Häkchenelektroden (oder zwei lose um die Fußwurzel gebundene feuchte Wollfäden) und Induktionsapparat. Wirkung einzelner Reize. Summierung unterschwelliger Reize bei schneller Reizfolge (schnelles Öffnen und Schließen des Handschlüssels oder Wagnerscher Hammer). Nachweis von Ermüdungserscheinungen, besonders an Warmfröschen, bei Anwendung von rhythmisch wiederholten Reizserien (Wagnerscher Hammer).

Versuch über *Strychninwirkung*. Dem Reflexpräparat werden $\frac{1}{2}$ ccm einer 0,01 % Strychninlösung in den Rückenlymphsack gebracht. Wiederholung der vorigen Versuche, besonders mit mechanischem Reiz. Beobachtung der anfänglichen *Reflexsteigerung* und des folgenden Umschlags in *Krämpfe*.

2. *Reaktionszeit am Menschen*. In einem Stromkreis befinden sich ein Schreibmagnet und zwei Stromschlüssel sowie ein Akkumulator. Der Versuchsleiter schließt den einen der Versuchsperson nicht sichtbaren Schlüssel. Die Versuchsperson hat die Aufgabe, auf die ihr sichtbare Bewegung des Schreibmagneten mit Öffnen des anderen Schlüssels zu „reagieren“. Die Trommel wird auf schnellsten Gang gestellt. Gleichzeitige Aufschrift von $\frac{1}{100}$ Sek. mittels elektromagnetischer Stimmgabel. Berechnung der Reaktionszeiten für alle Gruppenteilnehmer.

Der Versuch kann so abgeändert werden, daß der Versuchsperson bald nur die Schließungs-, bald nur die Öffnungsbewegung des Signals in unregelmäßiger Folge sichtbar gemacht wird. Es wird der Versuchsperson aufgetragen, nur bei der einen der beiden Bewegungsrichtungen zu reagieren. Es ist festzustellen, ob sich dadurch die ermittelte Zeit ändert.

Was versteht man unter einer „Reaktion“ im Gegensatz zu „Reflex“? Was sind bedingte Reflexe? Was ist Unterscheidungszeit? Wahlzeit?

Bei übriger Zeit: Auslösung des Kniesehenreflexes (Patellarreflex) mit Perkussionshammer. Die Versuchsperson sitzt am Tischrand. Ablenkung der Aufmerksamkeit. Reflexauslösung ohne und

mit dem JENDRASSIKSchen Handgriff, bei welchem die Hände mit gebeugten Fingern fest ineinandergreifen und die Oberarme einen Zug nach außen ausüben.

25. Praktikum.

Dioptrik I (Brillen, Akkomodation, Refraktion).

1. Qualitative Prüfung der Gläser eines *Brillenkastens*. Einteilung der Brillengläser in sphärische und zylindrische, sammelnde und zerstreue. Wie sind sphärische und Zylindergläser, Sam-

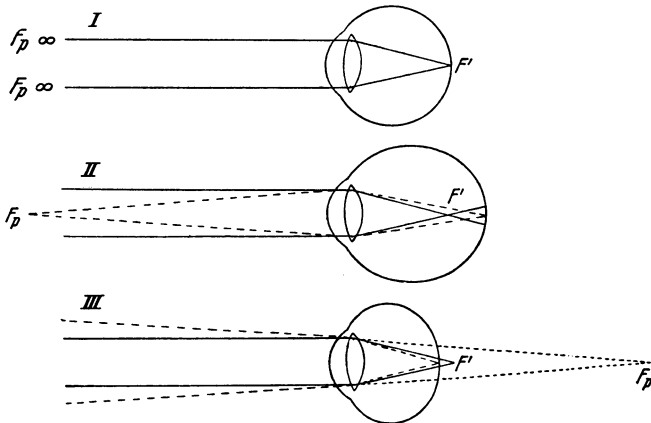


Abb. 20. Strahlengang bei: I. Rechtsichtigkeit (Emmetropie, Normalsichtigkeit), II. Kurzsichtigkeit (Myopie), III. Weitsichtigkeit (Hypermetropie oder Hyperopie). Ausgezogen die von einem unendlich fernen Punkt kommenden Strahlen, gestrichelt die auf der Netzhaut zur Vereinigung gelangenden Strahlen, punktiert am fernsichtigen Auge die Verlängerung der konvergent auftreffenden Strahlen, welche auf der Netzhaut vereinigt werden (Ermittlung der Fernpunktlage des weitsichtigen Auges).

mel- und Zerstreuungsgläser zu unterscheiden? (Scheinbewegungen der Gegenstände, wenn man die dicht vor das Auge gehaltenen Gläser verschiebt oder um die optische Achse dreht.) Brennweitenbestimmungen sphärischer Linsen. Berechnung des Dioptriewertes aus der Brennweite.

2. Beobachtungen über *Akkomodation* des eigenen Auges. Begriff des Fern- und Nahpunktes sowie der „bequemen Sehweite“. Bestimmung des Nahpunktes mit Lineal und Stecknadel. Vervollkommnung des Versuches durch die Anordnung nach SCHEINER: Kartonstück mit zwei feinen Löchern vor das Auge halten und nun die Nadel beobachten. Schemazeichnung für den SCHEINERSchen Versuch entwerfen. Nach diesen Vorversuchen wird die Nahpunktbestimmung am *Dondersschen Optometer* ausge-

führt, bei welchem man durch eine mit zwei kleinen Löchern versehene Scheibe nach einer auf einem Maßstab verschieblichen Nadel blickt und den geringsten Abstand feststellt, bei dem die Nadel noch einfach wahrgenommen wird. Dies ist der *Nahpunkt*. In noch größerer Nähe wird die Nadel doppelt wahrgenommen. Jeder Teilnehmer mache zur Einübung eine Reihe von Bestimmungen. Sodann werden *Fernpunktbestimmungen* gemacht, indem das Auge durch Vorsatz von $+6$ dptr myopisch gemacht wird. Aus dem Fernpunktabstand wird der Dioptriewert berechnet und von diesem die genannten 6 Dioptrien wieder abgezogen. Man ermittelt so, ob das Auge emmetrop, myop oder hypermetrop ist (Abb. 20, I, II, III, 21). Berechnung der bei Übergang

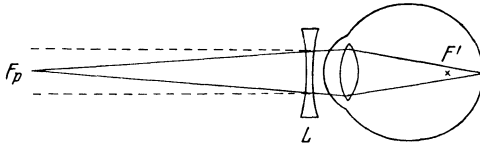


Abb. 21. Ausgleich der Kurzsichtigkeit durch eine Zerstreuungslinse. — Welche Brennweite muß diese Linse haben im Vergleich mit dem Fernpunktabstand des kurzsichtigen Auges?

vom Fernpunkt zum Nahpunkt auftretenden Brechkraftänderung in Dioptrien (Akkommodationskraft $= \frac{1}{Np} - \frac{1}{Fp}$, wobei Np den Nahpunktabstand, Fp den Fernpunktabstand bedeuten).

Wie wird für alle drei Refraktionsarten der Fernpunkt definiert? Bei welcher Refraktionsart ist der Fernpunkt virtuell?

3. *Astigmatismus*. Strahlengang bei Astigmatismus (Abb. 22). Subjektive *Prüfung* auf Astigmatismus mittels Strichkreuz (Abb. 23). *Messung* des Astigmatismus: Durch Aufsetzen eines Brillengestells mit Zylinderglas von $+2$ dptr stellt man die Verhältnisse des astigmatischen Auges her. Es wird mit dem Optometer die Fernpunktbestimmung getrennt für den horizontalen und den senkrechten Schnitt der Hornhaut ausgeführt und in Dioptrien (vgl. 2) umgerechnet. Die Differenz der Brechkräfte (Vorzeichen beachten!) ist der Betrag des Astigmatismus. Der für den Astigmatismus erhaltene Wert muß (wenn das Auge selbst nicht astigmatistisch ist) der Dioptrizahl des aufgesetzten Zylinderglases entsprechen.

Ist die Dioptrizahl des Astigmatismus von der Lage der Netzhaut abhängig? Wie ist es hiermit bei Kurzsichtigkeit, Fernsichtigkeit? Ist der viel gebrauchte Ausdruck „Stabsichtigkeit“ für Astigmatismus sehr treffend? Wie ist es in dieser Hinsicht mit dem Ausdruck Kurzsichtigkeit, Fernsichtigkeit?

4. Berechnung des *Halbmessers* eines *Konvexspiegels* (Glas-
kugel) aus der Größe des Spiegelbildes eines bekannten Objektes
(Fenster) von bekannter Entfernung. Ist diese groß im Vergleich

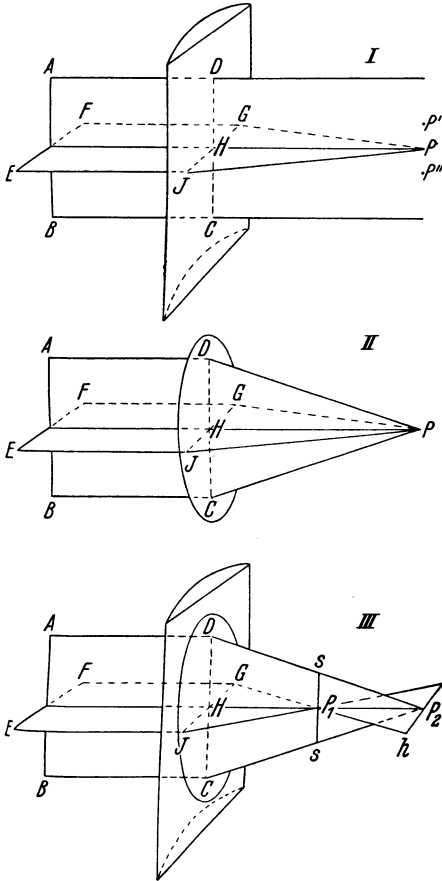


Abb. 22. Strahlengang bei Astigmatismus.

- I. Strahlengang bei einer Zylinderlinse.
- II. Strahlengang bei einer sphärischen Linse.
- III. Strahlengang bei gemeinsamer Wirkung der (dicht aufeinanderliegenden) zylindrischen und sphärischen Linse. Dieser Fall liegt bei dem astigmatischen Auge vor. — Wie sind die Zeichnungen im einzelnen zu deuten?

5. Bei übriger Zeit:

a) Einstellung eines *Augenmodells* (v. KRIES) auf Emmetropie, Myopie, Hypermetropie; Ablesung der Auszugslängen (Bulbus-

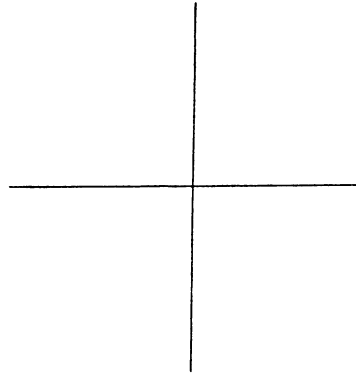


Abb. 23. Strichzeichnung zur subjektiven Prüfung der Augen auf regelmäßigen Astigmatismus.

zum Radius, so ist die Bild-
entfernung vom Krüm-
mungsmittelpunkt dem hal-
ben Radius gleich. Danach
Schemazeichnung und Auf-
stellung der Gleichung zur
Berechnung. Nachprüfung
mit zwei rechtwinkligen
Holzklötzen und Lineal.

Was ist ein optisches
System? Was ist ein ein-
faches optisches System
(vgl. Abb. 24)? Aus wie-
vielen einfachen optischen
Systemen besteht das Auge,
wenn seine Linse vom „To-
talindex“ ausgefüllt ge-
dacht ist? Welches der
Teilsysteme hat den größ-
ten Anteil an der Gesamt-
brechkraft des Auges?

länge). Vorsatz von Brillengläsern (sph. +) vor das emmetropische Modell, zur Veranschaulichung der Akkomodation. Aufsuchung des „Nahpunktes“, auf welchen das Modell nun eingestellt ist. Vorsatz von + - oder - Zylinderlinsen mit horizontal oder senkrecht gestellter Achse, Aufsuchung der beiden Objektentfernungen (Quadratezeichnung), in denen entweder die senkrechten oder die horizontalen Linien der Quadrate scharf zu sehen sind. Berechnung des Astigmatismus in Dioptrien nach dem schon oben benutzten Prinzip.

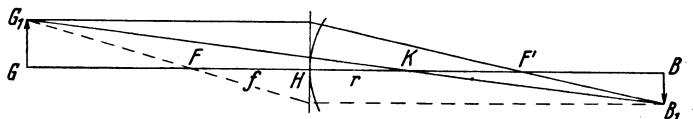


Abb. 24. Entwerfung des Bildes durch ein einfaches optisches System. *H* Hauptpunkt (Scheitelpunkt), *K* Knotenpunkt (Krümmungsmittelpunkt), *r* Radius, *F* vorderer Brennpunkt, *F'* hinterer Brennpunkt, *HF* = *f* vordere Brennweite, *HF'* = *f'* hintere Brennweite, *GG'* Gegenstand, *BB'* Bild.

b) Vorführung des KÜHNESCHEN *Augenmodells*: Es besteht aus einem wassergefüllten Kasten, der vorn von einer kugeligem Glashaube abgeschlossen ist. In das Wasser, das mit Fluorescein gefärbt ist, kann eine Glaslinse und eine Mattscheibe eingehängt werden. Auf das Augenmodell fällt von außen parallelstrahliges Licht (Bogenlampe mit Kondensator). Das Modell wird eingestellt auf Emmetropie, Myopie, Hypermetropie. Ohne Linse entspricht es dem aphakischen Auge. Korrektur der Ametropien durch außen vorgesetzte Brillengläser. Strahlengang bei Astigmatismus, der durch Vorsatz einer Zylinderlinse nachgeahmt wird.

26. Praktikum.

Dioptrik II (Pupille, Sehschärfe, Augenspiegel).

1. Pupillenreaktion.

a) Beobachtung des eigenen *Pupillarreflexes* (entoptisch). Schwarzes Kartonstück mit feinem Loch vor das eine Auge, das andere mit Hohlhand verdecken; Gesicht dem Fenster zuwenden. Aufdeckung des anderen Auges. Man beachte die Zeitverhältnisse (*Latenz*). Schemazeichnung zur Erklärung des Versuches entwerfen. Sodann Beobachtung des *Pupillarreflexes*, sowie der Konvergenz- (und Akkomodations-) Reaktion der Pupille der Praktikusteilnehmer untereinander.

b) Genauere Beobachtung und Berechnung des Verhältnisses der *Pupillendurchmesser* bei schwacher und bei starker Belichtung.

Die Einrichtung und Benutzung des vorliegenden Apparats ist nach den Vorversuchen unter a) leicht verständlich. Man sieht durch ein enges, etwa im vorderen Brennpunkt stehendes Loch auf eine von hinten schwach beleuchtete, mit konzentrischen Kreisen versehene Mattscheibe. Man stellt fest, mit welchem Kreis der Rand des wahrgenommenen Sehloches sich deckt. Belichtung des anderen Auges bewirkt Pupillenverengung auch im beobachtenden Auge. Man stellt wieder fest, mit welchem Kreis sich der Sehlochrand deckt.

2. Beobachtung der *Linsenbildchen* am *Phakoskop* von HELMHOLTZ. Das Auge des Beobachteten ist sehr nahe an das Loch im Kasten zu bringen. Der Beobachtete hat auf Aufforderung des Beobachters abwechselnd in die Ferne und in die Nähe zu blicken.

3. *Sehschärfebestimmung*. Vor eine Lampe werden Blechscheiben gehalten, in denen zwei feine Löcher von verschiedenem gegenseitigen Abstand gebohrt sind. Beobachtungsabstand 5 m. Es wird festgestellt, bei welcher Distanz der Löcher eine sicher noch getrennte Wahrnehmung der beiden Lichtpünktchen möglich ist. Aus Lochdistanz d und Entfernung E des Beobachters wird der Winkelwert der Sehschärfe berechnet. Ferner Berechnung der Bildstanz auf der Netzhaut zum Vergleich mit der Zapfenbreite. Brillenträger führen die Bestimmungen mit und ohne Brille aus. Normal-sichtige führen eine zweite Bestimmung nach Aufsetzen (Brillengestell) von + oder - Gläsern aus.

4. *Augenspiegel* (HELMHOLTZ). Die Abb. 25 (oberer Teil) erläutert den Strahlengang. Es ist der Beleuchtungsstrahlengang vom Abbildungsstrahlengang zu unterscheiden. Zur Beleuchtung dient die Abbildung einer äußeren Lichtquelle im Zerstreuungskreis auf der Netzhaut (Bild also hinter der Netzhaut). Der abbildende Strahlengang vereinigt die von einem Netzhautpunkt des Beobachteten ausgehenden Strahlen (jeder Netzhautpunkt ist „selbstleuchtend“ geworden) auf der Netzhaut des Beobachters. Wie ist dabei der Strahlengang zwischen den beiden Augen, wenn beide emmetrop sind und nicht akkomodieren? Warum darf der Beobachter nahe herangehen an das beobachtete Auge? Welcher Vorteil liegt darin? Welche Beziehungen bestehen zur Anwendung einer Lupe?

a) Beobachtung des Augenhintergrundes an einem emmetropen kleinen *Augenmodell* mit unbelegter planer Glasplatte als Spiegel.

b) Beobachtung des Augenhintergrundes am *Kaninchen*. Kaninchen ungefesselt auf rauhem Brett. Auge atropinisiert. Warum? Lampe über dem Kopf des Tieres. Man blicke in Richtung der Ver-

längerung des Sehnerven. Belegter durchlochter Planspiegel zur Vermehrung der Helligkeit.

c) Außer dieser Beobachtung ohne Strahlenkreuzung (Augenspiegeln im aufrechten Bild genannt) wird noch die Methode mit gekreuztem Strahlengang angewendet (Augenspiegeln im umgekehrten Bild, Abb. 25, unterer Teil). Dabei wird von der Netzhaut des Beobachteten mittels starker Konvexlinse ein reelles Bild (= Strahlenkreuzung) in der Luft entworfen, auf welches der Be-

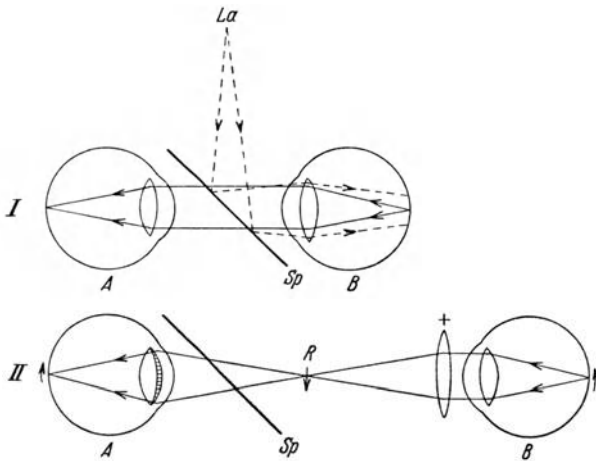


Abb. 25. Strahlengang beim Augenspiegel.

I (oben): Augenspiegel ohne Kreuzung der abbildenden Strahlen. *A* Auge des Beobachters (Arzt), *B* Auge des Beobachteten. *Sp* der unbelagte Planspiegel. *La* die Lampe. Beleuchtender Strahlengang punktiert gezeichnet, abbildender ausgezogen.

II (unten): Augenspiegel mit Kreuzung der abbildenden Strahlen bei *R* (reelles Bild des Augenhintergrundes von *B*). Der Arzt akkomodiert auf den Abstand von *R*. Akkomodation durch Strichelung des vorderen Linsenteils angedeutet. Der beleuchtende Strahlengang ist der Einfachheit halber fortgelassen. Er wäre ganz so wie in *I* dargestellt einzuzeichnen.

obachter akkomodiert oder, wenn er wegen Alters nicht mehr akkomodieren kann, sich mit Nahbrille (Lesebrille oder entsprechendes Vorsatzglas am Augenspiegel) einstellt.

27. Praktikum.

Farbensinn.

1. Herstellung von *Farbenmischungen* am Farbenkreisel.

Was versteht man physiologisch unter *Farbenmischung*?

Bei Benutzung des Farbenkreisels muß beachtet werden, daß die Papiere richtig ineinandergesteckt werden (freier Rand links) und daß sie von einer ungeschlitzten Kartonscheibe hinterlegt

sind. Die Papiere müssen ferner gut zentriert werden (Benutzung der Fingerkuppe), so daß sie nicht von der Feststellschraube zerdrückt werden. Bei Verstellung der Papiere gegeneinander wird die Schraube nur wenig gelockert, damit die Papiere nicht von der Nabe heruntergleiten. Kreisel im Sinne des Uhrzeigers drehen.

Es werden Mischungen hergestellt von: I. Rot und Gelb, verglichen mit Orange. II. Rot und Grün, verglichen mit Orange oder Gelb. III. Gelb und Blau, verglichen mit Grau (aus Schwarz und Weiß). IV. Rot, Grün und Blau, verglichen mit Grau. V. Rot und Blau.

2. Berechnung von *Komplementärfarben* aus den Farbgleichungen. Vergleich mit den durch Nachbildmethode erhaltenen Komplementärfarben. Erhielt man die Gleichung a Grad

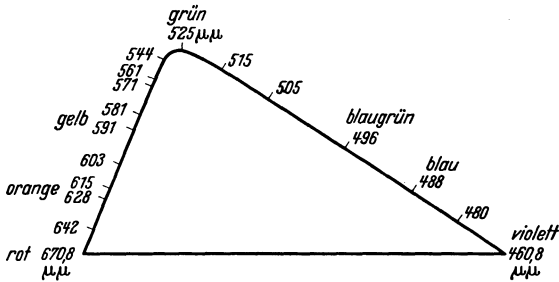


Abb. 26. Farbentafel (Farben,,dreieck“) nach v. KRIES.

Rot + b Grad Grün + c Grad Blau = Weiß, so ergibt die Mischung $\frac{a \cdot 360}{a + b}$ Grad Rot + $\frac{b \cdot 360}{a + b}$ Grad Grün die Komplementärfarbe (Gegenfarbe) von Blau. Blickt man einige Sekunden auf das blaue Papier für sich, und wendet man dann den Blick auf eine graue Fläche, so erhält man ein Nachbild, dessen Färbung der der letztgenannten Mischung gleich ist.

3. Bestimmung der *Verschmelzungsfrequenz* für Helladaptation mit Schwarz- und Weiß-Sektoren (je 180°). Umdrehungsfrequenz der Triebsscheibe und Übersetzungsverhältnis des Farbkreisels und daraus die Reizfrequenz ermitteln, für den Fall, daß die Reizfrequenz so groß ist, daß das bei niedriger Frequenz sichtbare Flimmern eben verschwindet.

4. Herstellung von Farbgleichungen an den besonders zu besprechenden *Spektralapparaten*. Anomaloskop, Farbmischapparat nach v. KRIES. Von besonderer Bedeutung ist die Gleichung $670 \mu\mu + 535 \mu\mu = 589 \mu\mu$. Diese Wellenlängen entspre-

chen den Linien von *Li*, *Tl* und *Na*, die für sich rot, grün und gelb aussehen.

5. Bei übriger Zeit:

a) Bestimmung der „*Tageswerte*“ von Farbenpapieren (scheinbare Helligkeit) durch Vergleich mit Graumischungen, bei Beobachtung in der Peripherie der Netzhaut.

b) Erläuterung der *Farbentafel* (Abb. 26) als Hilfe der Übersicht über Tatsachen.

c) Praktische Untersuchung auf *abweichenden Farbensinn* mit Farbtafeln (ISHIHARA, STILLING), am Signalfarbenapparat, sowie am Anomaloskop. Formen der Farbenfehlsichtigkeit.

28. Praktikum.

Perimetrie. Dunkeladaptation.

1. Bestimmung des *Gesichtsfeldes* mit dem Perimeter. Erweiterung des nasalen Gesichtsfeldes bei Abduktion des Blicks. Aufsuchung des *blinden Flecks* am Perimeter sowie Aufzeichnung mit Kreide an der Wandtafel. Berechnungen über Lage und Größe der Sehnerveneintrittsstelle im Auge unter Zugrundelegung der Maße des schematischen Auges (Knotenpunktabstand von der Netzhaut 17 mm).

2. Bestimmung des *Adaptationsverlaufes*. Das Adaptometer besteht aus einem weißen Feld, über dem sich ein roter Fixierpunkt befindet. Das Feld wird von einem Lämpchen beleuchtet, in dessen Zuleitung sich ein Vorschaltwiderstand befindet. Ferner ist vor dem Lämpchen ein Rundkeil zur weiteren Abstufung der Helligkeit drehbar angebracht. Der Beobachter versetzt sein Auge zunächst durch Anblicken einer hellbeleuchteten weißen Fläche in Helladaptation und stellt dann im Dunkeln bei Nullstellung des Rundkeils die Anfangsschwelle des Lichts mit dem Vorschaltwiderstand ein. Alle zwei Minuten wird der Schwellenwert mit Hilfe des Rundkeils neu eingestellt und die Lichtschwächung abgelesen. Sie ist der Empfindlichkeitssteigerung proportional. Alle Gruppen müssen zur gleichen Zeit beobachten. Die Keilstellungen werden mit roten Lämpchen abgelesen. Zeichnung einer Kurve des Adaptationsverlaufs. Aufschrift einer Tabelle über die Versuchsergebnisse aller Gruppen an die Tafel.

3. Bestimmung der *Dämmerungswerte* von Pigmentpapieren mit dem Farbkreis. Eine bunte Scheibe wird bei sehr schwachem Licht mit einer Schwarz-Weiß-Mischung auf Gleichheit eingestellt. Ablesung des Weiß-Sektors in Graden. Ausführung

für Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau. Vergleich mit den im vorigen Praktikum erhaltenen Tageswerten.

Was ist das PURKINJESCHE Phänomen? Herleitung aus Abb. 27.

4. Versuche über das *foveale Verschwinden* lichtschwacher Objekte. Betrachtung von weißen Papierscheibchen bei schwacher für die Fovea unterschwelliger Beleuchtung. Es wird der Abstand ermittelt, bei welchem das in der Nähe sichtbare Objekt eben verschwindet. Ausrechnung der Winkelgröße des Netzhautbildes. Nur das völlig in die Fovea abgebildete lichtschwache Objekt wird nicht gesehen. Die berechnete Bildgröße (etwa 1° Winkelgröße) entspricht also etwa der Fovea centralis.

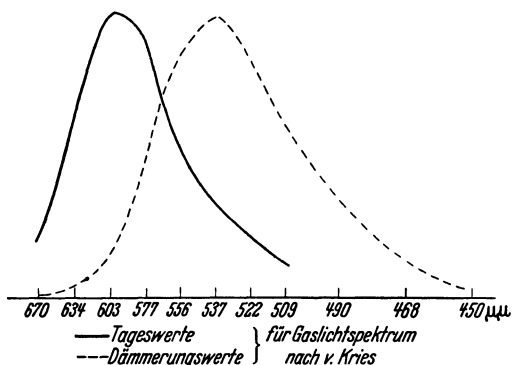


Abb. 27. Helligkeitswerte des Spektrums im Tagesssehen und Dämmerungsehen.

5. Bestimmung der *Verschmelzungsfrequenz* für das dunkeladaptierte Auge und schwaches Licht, Vergleich mit den am Hellauge gefundenen Werten. Gleiches Verfahren, wie im 27. Praktikum unter 3.

6. Bei übriger Zeit:

Feststellung des Adaptationswertes der *roten Röntgenbrille*. Nach guter Helladaptation setzt man die Adaptationsbrille auf und bleibt fünf Minuten weiterhin im Hellen. Nach nochmaliger Betrachtung der Helladaptationsfläche durch die Brille verdunkelt man, nimmt die Brille ab, und stellt am Adaptometer fest, welche Empfindlichkeitssteigerung man mit Hilfe der Brille erhalten hat. Die Messung wird möglichst sofort nach der Verdunkelung vorgenommen. Feststellen, welchem Zeitpunkt des unter 2. ausgeführten Versuchs die hier erreichte Empfindlichkeit entspricht.

Zu welchem Zweck benutzt der Röntgenologe die Adaptationsbrille?

29. Praktikum. Binokulares Sehen.

1. Messung des *Augenabstandes*. Hierfür sind verschiedene Methoden zu verwenden und in ihren Ergebnissen zu vergleichen.

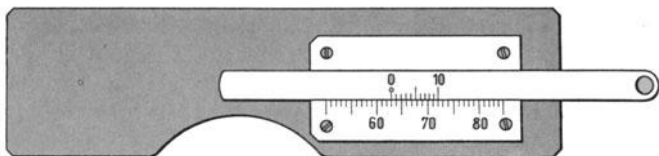


Abb. 28. Gerät zur subjektiven Messung des Augenabstandes, mit Noniusablesung.

Am einfachsten ist die Bestimmung mit Lineal und Spiegel: Lineal über den Nasenrücken halten, Betrachtung der eigenen Pupille im Spiegel. Ablesung erst

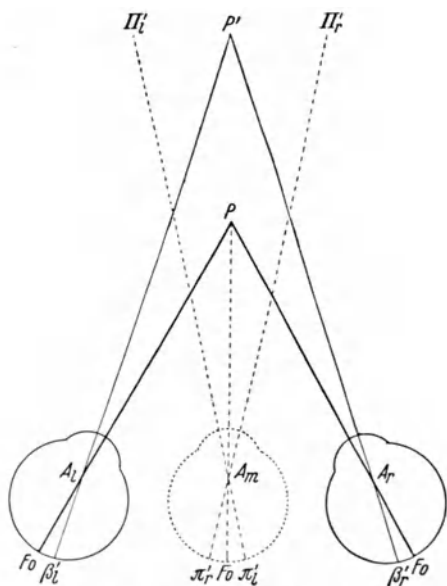


Abb. 29. Verlegung der Netzhautbilder beider Augen bei Anblicken des Punktes P in das fiktive Mittelaugen.

Herleitung der Doppelwahrnehmung des nicht angeblickten fernen Punktes P' . Man zeichne in entsprechender Weise den Fall, daß P' angeblickt und P zweifach wahrgenommen wird.

der rechten, dann der linken Pupillenmitte am Maßstab im Spiegelbild. Das Prinzip weiterer Methoden besteht darin, daß die auf sich entsprechende Netzhautpunkte (besonders die Foveae) fallenden Bilder als ein Gegenstand wahrgenommen werden, auch wenn in der Tat zwei Gegenstände vorliegen. Bei Blick in die Ferne hält man zwei Stecknadeln, die an einem Maßstab verschieblich sind, in etwa 50 cm Entfernung vor die Augen und stellt sie in ihrem gegenseitigen Abstand so ein, daß statt vier Nadelspitzen nur drei gesehen werden. Erklärung durch besondere Zeichnung. Genauer

ist die Verwendung eines kleinen Apparats (Abb. 28) mit feinen in einen Metallschieber gebohrten Löchern, die man nahe vor die

in die Ferne blickenden Augen hält. Lochabstand so einstellen, daß die beiden Zerstreungskreise der Lücken zusammenfallen und in der Mitte der ferne Gegenstand (etwa Blitzableiterspitze) erscheint. Mehrere Einstellungen nacheinander ausführen, Noniusablesung, Berechnung des Mittelwerts.

Was lehrt dieser Versuch über die Gesetze der Raumwahrnehmung?

2. Beobachtung über *binokulare Doppelbilder* (besser: binokulares Doppelwahrnehmen eines Gegenstandes) mit bunten Stäben. Es ist bald der fernere, bald der nähere Stab anzublicken. Nach deutlicher Wahrnehmung der Doppelbilder des nicht fixierten Stabs ist festzustellen, welches der Doppelbilder bei Verdecken des rechten oder linken Auges verschwindet. Anfertigung schematischer Zeichnungen für gleichseitige und gekreuzte Doppelbilder (nach Abb. 29). Was ist der Unterschied von „Ding“ und „Sehding“?

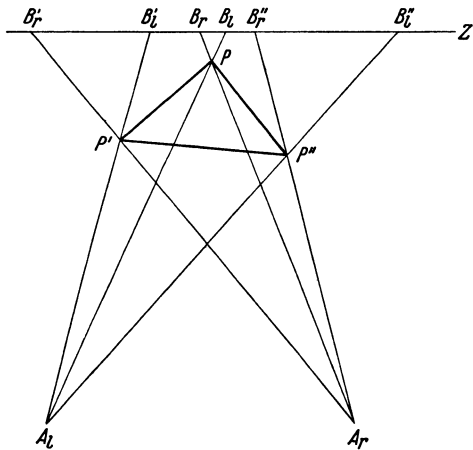


Abb. 30. Perspektivische Zeichnung eines Gegenstandes P P' P'' auf die Zeichenebene Z von den beiden Zentralpunkten der Augen A_l und A_r aus.

3. Beobachtungen über stereoskopisches Sehen auf Grund der Verschiedenheit der *beidäugigen Perspektive* eines Gegenstandes (vgl. Abb. 30). Es wird für jedes Auge die Projektion eines Drahtkörpers durch einfaches Nachzeichnen auf eine schwarze Tafel entworfen, und zwar für das rechte Auge mit roter, für das linke mit blauer Kreide; der Kopf stützt sich an einen Kopfhalter, der Drahtkörper steht etwa 30 cm, die Tafel etwa 50 cm von den Augen entfernt. Betrachtung der Zeichnung durch eine rechts rote, links blaue Brille. Beobachtung der entstehenden räumlichen Wahrnehmung („räumliches Sehding“), „Betastung“ des Raumbildes mit einem Zirkel, Prinzip der unmittelbaren Raumbildmessung. Bei dieser Betrachtung müssen die Augen so stehen, wie sie bei Herstellung der Zeichnung standen. Es ist also vor der Betrachtung nur der Drahtkörper zu entfernen, der

Kopf bleibt in der gleichen Stellung, wie beim Entwerfen der Zeichnung.

4. Bestimmungen der *Genauigkeit der Tiefenwahrnehmung* mit HELMHOLTZ' Dreistabchenmethode. Zwischen zwei frontal aufgestellten Stäbchen ist ein drittes verschieblich. Es wird vom Versuchsleiter ein Tiefenabstand eingestellt und vom Beobachter angegeben, ob der Mittelstab vor oder hinter den Seitenstäben erscheint.

Der kleinste Tiefenabstand (d), welcher aus der Entfernung E (4 m) erkannt wird, dient zur Berechnung der Tiefenwahrnehmungsschärfe. Ableitung der Formel an Hand der Abb. 31.

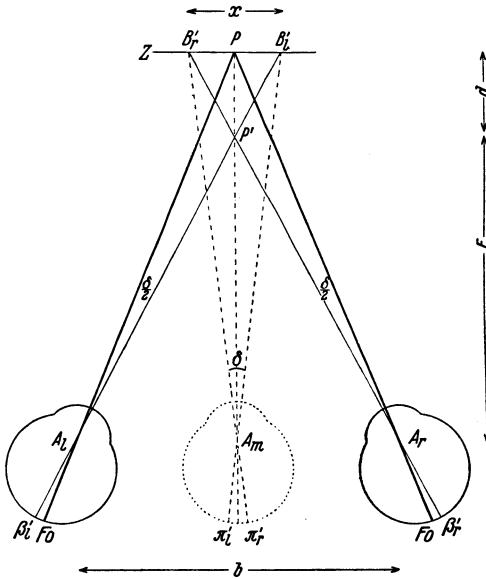


Abb. 31. Helmholtz'scher Dreistabchenversuch zur Messung der Tiefenwahrnehmungsschärfe. Ausgezogen: der tatsächliche Strahlengang. Gestrichelt: Übertragung dieses Strahlengangs auf das fiktive Mittelauge (Doppelauge). Der Winkel δ ($= \frac{x}{E}$) ist das Maß der Tiefenwahrnehmungsschärfe. x ist die beidäugige Projektion von d (der eben noch wahrgenommene Tiefenabstand) auf die Ebene Z .

nun zu verdunkelnden Raum beizubehalten (Hilfe durch ein kleines rotes Fixierpünktchen). Man hat nun eine *räumliche* Wahrnehmung des Würfels (der bei Verdunkelung fortgenommen wurde) und kann durch Messung zeigen, daß das räumliche Sehding Würfel dem Ding Würfel genau gleich ist. Raumwahrnehmung entsteht immer, wenn Netzhautbildparallaxe vorliegt, gleichgültig, wie diese zustandekommt.

5. Bei übriger Zeit:

Raumwahrnehmung mit Hilfe von *Nachbildern*. Im Dunkelraum wird der sehr hell beleuchtete Drahtwürfel unter gutem Fixieren einer Ecke einige Sekunden betrachtet. Diese Fixierstellung ist im

30. Praktikum.

Gehörsinn. Statische Organe.

1. *Gehörsinn.* a) Versuche über *Schallrichtungswahrnehmung*. Der Kopf der Versuchsperson befindet sich in der Mitte eines Kreisbogengestells, welches die drei Hauptebenen angibt und Winkelablesung ermöglicht. An verschiedene Punkte der Kreisbögen wird bei geschlossenen Augen der Versuchsperson eine durch Schlauch angeblasene Pfeife gehalten und die Aufgabe gestellt, die Pfeife mit dem Finger zu treffen. Es wird festgestellt, um welchen Winkelbetrag die Angaben der Versuchsperson vom richtigen Wert abweichen. Systematische Untersuchung für die frontale, sagittale und horizontale Ebene unter genauer Aufschrift der Versuchsergebnisse.

Der Nullpunkt des Koordinatensystems liegt im Kopf. Die Richtung nach hinten, links und unten wird mit —, die nach vorn, rechts und oben mit + bezeichnet.

b) Versuche über *Luft- und Kopfknochenleitung*. Ausklingende Stimmgabel wird an den Kopf (am besten an den Warzenfortsatz) gesetzt und bei eingetretener Unhörbarkeit vor das Ohr gehalten. Es ist die Verschiedenheit der Hördauer festzustellen (*RINNEScher Versuch*). Durch Auskultation fester Körper (Tischplatte, Schädeldach), auf die in einiger Entfernung eine Stimmgabel gesetzt wird, mit dem Phonendoskop (offene Kapsel mit kurzen Hörschläuchen) ist die Schalleitung in festen Körpern leicht nachweisbar.

c) Feststellung der unteren und oberen *Hörgrenze* mit Stimmgabeln und Klangstäben.

d) *Klanganalyse* mittels Resonatoren. *Subjektive* Methode des Heraushörens von Obertönen aus dem Klang einer tiefen Zungenpfeife mit oder ohne Anwendung von Helmholtzschen Kugelresonatoren. *Objektive* Darstellung mit Königscher Kapsel: der Helmholtzsche Resonator überträgt seine Mitschwingung auf einen Gasraum, von dem aus eine kleine im Drehspiegel zu betrachtende Flamme gespeist wird.

e) Beobachtung von *Schwebungen* an Stimmgabeln.

f) Prüfung der *Unterschiedsempfindlichkeit* des Gehörs für Tonhöhen an reinen und temperierten Intervallen (Zungenpfeifen).

g) *Webers Versuch*: Die eigene Stimme (leises stimmhaftes m) klingt lauter im verschlossenen Ohr, wenn auf der einen Seite der Gehörgang durch Andrücken des Tragus mit dem Finger geschlossen wird. Ebenso klingt eine auf die Scheitelhöhe des Schädels aufgesetzte Stimmgabel im verschlossenen Ohr lauter.

2. Statische Funktionen.

a) Beobachtung der *kompensatorischen normalen Bewegungen* bei Lageänderungen und Drehungen an *Kaninchen* (Fadenstückchen auf der kokainisierten Hornhaut), *Tauben* (Stellung des Kopfes bei verschiedenen dem Körper gegebenen Lagen, Nystagmus bei Kreisbewegungen) und *Fröschen* (Tier auf Brett unter Glocke; Neigung des Brettes, Drehbewegungen).

Feststellung des *eigenen* Augennystagmus bei langsamer Drehbewegung auf dem Drehstuhl (Augen schließen, Finger seitlich innen und außen von der Hornhaut auf die Lider auflegen).

b) *Nachbewegungen* nach stärkerem Drehen: Nachnystagmus auf dem Drehstuhl nach schnellen mehrfachen Umdrehungen an sich selbst beobachten, Fingermethode wie oben.

31. Praktikum.

Hautsinne. Geruchsinn. Geschmacksinn.

1. Tastsinn:

a) Feststellung der *räumlichen Unterscheidungsfähigkeit* mit dem Zirkelversuch. Zwei Übungsteilnehmer arbeiten zusammen als Versuchsleiter und Versuchsperson. Der Vl. setzt die beiden (etwas abgestumpften) Spitzen des geöffneten Zirkels *gleichzeitig* auf die Haut der Vp. auf, welche die Augen geschlossen hält. Die Vp. gibt an, ob sie eine oder zwei Berührungen empfindet. Der Abstand der Zirkelspitzen wird variiert und das Ergebnis über die Unterscheidungsgrenze an verschiedenen Hautstellen aufgeschrieben. Die Versuche sind an Vorderarm und Hand (beides Streckseite und Beugeseite) auszuführen.

Die Versuche werden sodann mit *nacheinander* erfolgreichem Aufsetzen der Zirkelspitzen wiederholt.

b) Versuch über *Tastsinnestäuschung*, nach ARISTOTELES.

Der Mittelfinger wird über den Zeigefinger gelegt. Mit den sich jetzt gegenüberliegenden, ursprünglich äußeren Flächen der Fingerkuppen wird die eigene Nase betastet, oder ein runder Stativstab. Worin besteht die Täuschung? Wie ist sie zu erklären?

2. Temperatursinn:

a) Prüfung der *Temperatur-Unterschiedsempfindlichkeit*: Wasser von 20° C wird verglichen mit etwas wärmerem sowie etwas kälterem Wasser. Welcher objektiv meßbare Unterschied wird noch als Unterschied empfunden?

b) *Umstimmung*: Wasser von etwa 20° C wird mit beiden Händen geprüft, von denen die eine vorher in 10° warmem Wasser gehalten wurde, die andere in 30° warmem.

c) Beobachtung der *paradoxen Kaltempfindung*: Auf der Beugeseite des Unterarms wird, nach THUNBERG, eine Hautstelle durch einen unten geschlossenen Metallzylinder, der mit Wasser von 45°C gefüllt ist, während 2 Minuten erwärmt und sodann mit einem auf 65°C erhitzten Metallplättchen von passender Dicke (etwa 0,3 mm) berührt. Gegen die Erwartung tritt dabei *Kaltempfindung* auf.

3. *Schmerzsinn*: Es wird geprüft, ob Druck mit spitzer Nadel an allen Stellen der Beugeseite des Unterarms schmerzhaft ist.

4. Aufsuchen von *Sinnespunkten* der Haut.

Auf der Beugeseite des Unterarms wird mittels Kautschukstempel ein Feld von $2 \times 3\text{ cm} = 6\text{ cm}^2$ abgegrenzt. In diesem Feld werden folgende Versuche ausgeführt:

a) Aufsuchen der *Druckpunkte* mit v. FREYSchen Reizhaaren, Bezeichnung durch feine schwarze Tintenpunkte.

b) Aufsuchen der *Kalt-* und *Warmpunkte* mit stumpfspitzen Metallzylindern, die teils auf Zimmertemperatur (etwa 20°C) gehalten sind, teils in Wasser von 40°C erwärmt wurden (vor Benutzung abtrocknen!). Da die Temperatur der Hautoberfläche etwa 30°C beträgt, sind die beiden Temperatureize annähernd gleich stark (Abhängigkeit der Reizstärke vom Temperaturunterschied). Die ermittelten Kaltpunkte werden mit roter, die Warmpunkte mit grüner Tinte bezeichnet.

c) Einzeichnung der ermittelten Sinnespunkte in ein *Zeichenschema* bei 5facher linearer Vergrößerung.

Fallen die ermittelten Sinnespunkte zusammen? Wie groß ist die Dichte der gleichen Empfindung zugeordneten Punkte?

4. *Geruchsinn*:

a) Ein erbsengroßes Stückchen Kampfer wird mit einer Pinzette dicht vor ein Nasenloch gehalten. Eine Geruchsempfindung tritt nur dann auf, wenn eine Luftbewegung im Nasenraum erfolgt, dagegen nicht bei vollkommen angehaltener Atmung.

b) Prüfung der *Geruchsinnesschärfe* mit dem *Olfaktometer* von ZWAARDEMAKER. Der Apparat besteht aus einem in das eine Nasenloch einzuführenden Rohr *I* (das andere Nasenloch wird bei der Versuchsausführung zugehalten), über welches ein weiteres Rohr *II* verschoben werden kann. Dieses ist innen mit Fließpapier ausgekleidet, welches mit einem Riechstoff getränkt wurde. Je weiter Rohr *II* zurückgeschoben wird, um so länger ist die zylindrische Geruchfläche, an welcher die Einatmungsluft vorbeistreicht, desto stärker ist also der Geruchreiz. Es wird die Strecke ermittelt und in Millimeter abgelesen, bei welcher der Geruch eben wahrgenommen werden kann. Es werden die Versuche nacheinander mit den Riechstoffen Kampfer, Geraniol, Eukalyptol, Buttersäure

ausgeführt. Übersichtliche Aufschrift der für alle Gruppenmitglieder gefundenen Werte.

5. *Geschmacksinn*:

a) Schmeckprobe mit Lösungen von Kochsalz (1%), Rohrzucker (2%), Weinsäure (0,1%), Chinin (0,002%), Proben *nicht* schlucken! Den Mund nach jeder Probe mit Wasser ausspülen.

b) Prüfung des Geschmacks von *Mischungen* dieser Lösungen.

c) Prüfung der *Zungenspitze* und des *Zungengrundes* mit den oben genannten Lösungen mit ganz kleinen nicht zu nassen Wattebäuschen, die in Pinzette gehalten werden. Jeder Bausch ist nur einmal zu benutzen. Zwei Teilnehmer machen den Versuch an sich gegenseitig.

d) Prüfung der *Schwellenempfindlichkeit* mit Kochsalzlösungen von 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5% im Vergleich mit destilliertem Wasser. Die Versuchsperson muß in Unkenntnis bleiben, welche Lösung ihr gereicht wurde.

e) *Reizung* des *Geschmackorgans* mit dem *konstanten Strom*. Reizeinrichtung dieselbe wie bei der Reizung motorischer Nerven am Menschen. Stromstärken nicht viel über 1 Milliampere anwenden. Die indifferente Elektrode wird unter das Kinn gehalten. Als differente Elektrode unpolarisierbare Wollfadenelektrode, deren Fadenende auf die Zungenspitze oder den Zungengrund gebracht wird. Zu achten ist auf die Verschiedenheit der Empfindung bei Anoden- und Kathodenwirkung.

Es kann auch bipolar mit zwei Wollfadenelektroden gereizt werden. Beobachtung des Empfindungsunterschiedes an beiden Stellen und seiner Umkehr bei Stromwendung.