Experimentelle Beiträge

zur

Kenntniss der Irisbewegung.

Inaugural - Dissertation

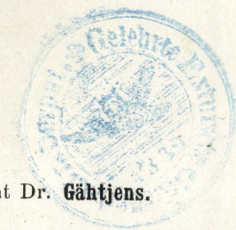
zur Erlangung der Würde eines

Doctors der Medicin

verfasst und mit Bewilligung einer Hochverordneten
Medicinischen Facultät der Kaiserl. Universität zu Dorpat
zur öffentlichen Vertheidigung bestimmt

von

Heinrich Schoeler,
Livländer.



Ordentliche Opponenten:
Prof. emer. Dr. **Bidder.** — Prof. Dr. **v. Oettingen.** — Docent Dr. **Gähtjens.**

DORPAT, 1869.
Druck von Heinrich Laakmann.

Gedruckt auf Verfügung der medicinischen Facultät.

Dorpat, den 5. Decbr. 1869. Prof. Dr. J. v. Holst,

(Nr. 288.) d. Z. Decan der medicin. Facultät.

(L. S.)

MEINEN ELTERN

GEWIDMET.

Einleitung.

Die wechselvollen Erscheinungen des Lebens in ihre elementaren Bedingungen zu zerlegen, um aus ihnen das Gesetz für die bei diesen Bewegungen wirksamen Kräfte zu gewinnen, ist das Streben wissenschaftlicher Forschung zu allen Zeiten gewesen. Wird auch die Constante bei dieser geistigen Operation durch das Lebensphänomen selbst repräsentirt, so hat sich seine Deutung um so schwankender erwiesen. Denn jede Zeit färbt ihren Erfahrungsschatz, entsprechend der Summe des ihr zu Gebot stehenden intellectuellen Wissen's, in eigenthümlicher Weise. Zwar ist und bleibt bewusstes Princip des Forschen's: Systematisirung — Vereinfachung zusammengesetzter Formeln; und in unbestreitbarer Weise wird uns hierdurch ein neuer Zuwachs an Wissen verbürgt. Doch ist dieser Progress in der einzelnen Disciplin kein stetiger, und häufig sehen wir Deutungen zur Geltung gelangen, welche uns in die frühesten Zeiten biologischer Forschung zurückversetzen. Je complexer die Erscheinung, je weniger isolirbar die Bedingungen ihres Zustandekommens, um so früher ist die Grenze erreicht, die zur Zeit dem wissenschaftlichen Forschungstriebe gesteckt wird.

Wie wenig nun in der auf den folgenden Blättern zu behandelnden Frage nach „der Irisbewegung und ihren Ursachen“ ein Erfahrungszuwachs vor regellos durch die Jahrhunderte zerstreuten und trotz ihrer Mangelhaftigkeit sich wiederholenden Deutungsversuchen gestützt hat, wird sich aus nachfolgender

historischer Skizze ergeben, bei der ich — da die Originalquellen mir nur zum kleinsten Theile zugänglich waren — mich vorzugsweise an die Angaben Rudolphi's (Grundriss der Physiologie. Bd. II. Berlin 1828), E. H. Weber's (Tractatus de motu iridis ex anno 1821 et 1851. Lipsiae 1851) und J. Budge's (Ueber die Bewegung der Iris. Braunschw. 1855) habe halten müssen.

Die Irisbewegung, die Pupille in ihrem wechselnden Durchmesser, war ein zu auffallendes Phänomen, um nicht frühe schon die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich zu lenken. Schon Galen[1]) bespricht dieselbe, um sie von einer hinter der Iris angesammelten Flüssigkeit und einem auf das Stroma derselben wirkenden räthselhaften Pneuma abhängig zu machen. „. . . . id ipsum enim, quod spiritus parcior a principio affluat, in causa potissimum est, ut pupilla corrugetur. Ex quibus omnibus intelligi potest, spatium omne, quod est post humorem crystallinum, spiritu simul et humore tenui assidue repleri."

Adaptirt sich zwar letzterer, seinem Wesen nach rein spiritualistische Begriff eines „Pneuma" keineswegs den Grundlagen exacter Forschung, so erblicken wir dennoch in der von ihm gesuchten Beziehung zwischen intrabulbärer Flüssigkeitsmenge und Pupillardurchmesser eine der modernen Auffassung entschieden verwandte Anschauung.

Noch schärfer tritt dieses Verwandtschaftsverhältniss hervor, wenn wir die Fortentwickelung der von Galen angeregten Vorstellungen über „zur Iris strömende Kräfte" verfolgen, und aus ihnen die Lehre von dem Einfluss der Blutbewegung auf den Contractionszustand des Irisgewebes hervorgehen sehen.

Die weitverbreiteste Ansicht jedoch, welcher der grösste Theil der alten Physiologen und Augenärzte, unter andern ein

---

1) Claudii Galeni opera. Tom. III. „De usu partium corporis humani." Liber X. Caput 5. Edit. curavit Car. Kühn. Lipsiae 1822.

Riolan, Valsalva, Morgagni, Ruysch, Drelincourt, Casserius, Heister u. A. m.[1]) huldigten, war die, dass die Iris ein Muskel sei. Da ihnen indessen das wissenschaftliche Rüstzeug fehlte, um für die Existenz muskulöser Elemente in der Iris einzutreten, und sie ihren Gegnern den anatomischen Beweis schuldeten, vollzog sich eine weitere Spaltung und erhob eine neue Theorie ihr Haupt, durch die das Irisstroma für eine „spongiöse Substanz mit eingebetteten, contractilen Elementen" erklärt, und von letzteren der Wechsel im Pupillar-Durchmesser abhängig gedacht wurde.

Weber[2]), dem wir im Folgenden uns anschliessen, theilt dieser Entwickelung entsprechend die Repräsentanten der verschiedenen Theorieen über die Irisbewegung in folgende Klassen ein:

1) In solche, welche die Existenz von Muskelfasern leugnen und die wechselnde Pupillenweite
   a) von der Gefässturgescenz,
   b) von den contractilen Elementen des schwammigen Gewebes abhängig machen.

2) In solche, welche das Vorhandensein von Muskeln annehmen, und zwar:
   a) nur circuläre Fasern am Pupillarrande;
   b) circuläre Fasern am Pupillar- und Ciliarrande;
   c) circuläre Fasern am Pupillarrande und radiäre am Ciliarrande.

Haller[3]), der entschiedenste Gegner einer Existenz von Muskeln oder fibröscontraktilen Fasern in der Iris, äussert sich in folgender Weise über das Zustandekommen von Irisbewegungen: „Videtur potius causa esse in irritante luce, quae, excitatis viribus continuo dicendis, iridem introrsum pellit, evo-

---

1) Budge l. c. S. 17.
2) Weber l. c. S. 6.
3) Element. Physiol. V. pag. 378. Lausanne 1763.

lutis plicis serpentinis vasorum et striarum cellulosarum, ut in rectitudinem conversae iridem dilatent. Naturalis ergo status iridis foret angustia, et pupillae latitudo. . . . . Oportet autem irritationem, quae in retina fit, operari posse congestionem subitam humorum in iridis vascula et flocculos.“ — In seiner ferneren Deduction verweist Haller, um die wechselnde Spannung der Gefässe in ihren zu Tage tretenden Folgen zu illustriren, auf die in seinen Augen analogen Erscheinungen der Erection des Penis, der Clitoris und der Brustpapille, auf das Erröthen und Erblassen der Wangen und die Entzündung u. s. w.

Hebenstreit[1]), der treue Bundesgenosse und Verfechter Haller'scher Theoreme, entwickelte die Anschauungen seines Meisters noch weiter. Während Letzterer den Wechsel in den Gefässdurchmessern unerklärt lässt, substituirt Hebenstreit demselben einen Turgor vitalis. Nicht durch die wechselnde Kraft der einströmenden Blutwelle oder durch den gehinderten Abfluss des venösen Stromes, nicht in mechanischer Weise werde das Gefäss dilatirt, sondern ein vitaler Turgor regulire die Weite desselben, unabhängig von jeder Alteration des Kreislaufes. Die stärkere Füllung der Gefässe entspreche demgemäss nur einem natürlichen Adaptionsvermögen der Flüssigkeit, und könne nur als secundäres, am Zustandekommen der Dilatation selbst unbetheiligtes, Moment aufgefasst werden.

Gegen die Anschauung Hallers, dass mit der Verengerung der Pupille eine stärkere Dilatation und Füllung der Gefässe einherschreite, und erstere im directen Verhältnisse zur letzteren stehe, protestiren E. H. Weber[2]) und Blumenbach[3]), indem Beide ihre Beobachtungen an der Iris von Leucaethiopen, an deren Pupille bei Verengerung nie eine stärkere Injection der Gefässe sichtbar geworden sei, dagegen geltend machen. Um diesen Einwürfen zu entgehen, stellt nun Hildebrandt[1]) die Theorie auf, dass mit der Contraction der Quermuskulatur in den Gefässen gleichzeitig eine Verlängerung derselben erfolge, und von dieser die Erschlaffung des Irisstroma's abzuleiten sei.

Kluge[2]) acceptirt gleichfalls die Richtigkeit der Weber-Blumenbach'schen Beobachtungen, und sucht dieselbe im Widerspruche zu seinen Zeitgenossen durch die Annahme einer Längsmuskulatur in den Gefässen zu stützen. Eigenthümlich und durchaus originell ist seine Vorstellung von dem Zustandekommen einer Ciliarreizung. Nach ihm erregt das Licht durch die Retina und den hintern, dünnern Theil der Choroidea hindurch die Ciliarnerven direct ohne Vermittelung des Opticus.

Sömmering[3]) und Troxler[4]) huldigen, wie ihre Vorgänger, der vasomotorischen Theorie über die Irisbewegung, jedoch mit Nüancirung im Detail der Lehre. So machte Troxler die Verengerung der Pupille allerdings von einer Ausdehnung der Arterien, die Dilatation derselben jedoch von einer Verengerung der Venen abhängig; denn Venen und Arterien würden seiner Erfahrung nach durch den gleichen Reiz in entgegengesetzter Weise alterirt. Die Regulatoren der Bewegungsphänomene der Iris seien jedenfalls die Ciliarnerven, und zwar übertrage sich die Erregung des Opticus durch Licht sofort auf das benachbarte Ganglion ciliare, und von dort aus auf die abgehenden Ciliarzweige peripheriewärts.

---

1) Doctrinae physiol. pag. 16. Lipsiae 1795. nach Weber l. c. p. 7.

2) l. c. p. 8.

3) De oculis Leucaethiopum et iridismotu in Comn. Gott. VII. pag. 55; nach Budge, S. 16.

1) De motu iridis. Brunsw. 1785. (s. Weber l. c. S. 9.)

2) De iridis motu. Diss. Erford. 1806 (s. Rudolphi's Phys. Bd. II. S. 224. 182.

3) In Bearbeitung v. Hallers. Grundr. d. Phys. 1788, v. Sömmering (s. Budge, l. c. S. 17.)

4) Himly's Ophthalm. Bibl. I. Bd. 2. Abth. S. 21—99.

In neuerer Zeit ist es besonders Gaddi[1]), der, nachdem schon im Jahre 1837 Krohn, Lauth, Schwann und Valentin, unabhängig von einander, zu gleicher Zeit die Existenz glatter Muskelfasern in der Iris von Säugethieren nachgewiesen hatten, gegen das Vorhandensein derselben auftritt, und die Bewegungen der Regenbogenhaut einzig und allein von der Füllung ihrer Gefässe abhängig macht. — Er rechnet die Iris ihrer morphologischen Charaktere wegen zu den „tissus erectiles", wiewohl es ihm nicht entgeht, dass zwischen ihr und den letzteren bedeutende Unterschiede der Textur bestehen: „Pour toutes ces considerations on voit, que l'iris, bien que de nature vasculaire, n'en mérite pas moins, de former une catégorie distincte d'avec les organs érectiles". Ein wesentliches Unterstützungsmoment sieht er in seinen Injectionsversuchen in die art. opthalmica am Cadaver, durch welche er eine Dilatation (?) der Pupille erzielte.

Guarini[2]), der sowohl den Sphinkter als den Dilatator der Pupille anerkennt, nimmt eine vermittelnde Stellung ein, indem er theils durch Muskelaction, theils durch die wechselnde Gefässfüllung die Iris sich verkürzen und relaxiren lässt. Auf vielfache Untersuchungen gestützt, schreibt er dem letzten Factor einen geringeren Einfluss zu. Bei der Dilatation der Pupille sieht er die Compression der Venen nur als eine Consecutiverscheinung an, erzeugt durch den Druck der sich verkürzenden Muskelfasern. Komme auch, sagt er, eine Verkleinerung der Pupille, unabhängig von jeder vasculären Turgescenz zu Stande, so sei doch der Grad der Enge wesentlich von derselben beeinflusst, wofür seine Reizversuche des Oculomotorius am Cadaver sprächen.

Aus der Zahl der Männer, die in neuester Zeit die Relation zwischen Iris- und Blutbewegung zum Gegenstand ihrer

1) Gazette medicale. 1846. S. 511.

2) Annales d'oculistique. 1845. S. 278.

Untersuchungen gemacht haben, hebe ich nur die Namen Kussmaul[1]), Grünhagen[2]) und Stellwag v. Carion[3]) heraus. Da ich weiter unten häufig Gelegenheit haben werde, die bezüglichen Schriften zu erwähnen, so glaube ich hier eine ausführlichere Erörterung der von ihnen angestellten Untersuchungen übergehen zu dürfen.

Ehe ich mich zur Darlegung der für mich, bei Bearbeitung dieser Frage, leitenden Gesichtspunkte anschicke, erlaube ich mir die Beobachter zu erwähnen, welche das Vorhandensein muskulöser Elemente in der Iris leugneten. Zum Theil beanspruchten dieselben eine eigene Contractilität für das weiche „schwammige Irisstroma" wie Hebenstreit, Rudolphi, Weber, Dömling und Blumenbach[4]), die in Nichts sich unterschied von der Wirkungsweise der glatten Muskelfaser; zum Theil schieden sie ersteres von letzterer, als charakteristisches Merkmal des Irisstroma's die Erregbarkeit desselben durch Lichtreiz hinstellend, wie Bichat[5]) u. A. Eine ältere Ansicht verlegte dagegen die bewegenden Kräfte nicht in's Irisstroma selbst, sondern in die processus ciliares der Choroidea (Vesling)[6]).

Wurden nun zwar diese Vorstellungen über den Bau des Organes durch den Nachweis glatter Muskelfasern in der Säugethieriris, wie schon bemerkt, gleichzeitig von Krohn, Lauth, Schwan und Valentin in Jahre 1837 endgültig zurüchge-

1) Untersuchungen über d. Einfluss d. Blutströmung auf die Bewegung der Iris. Würzburg 1855.

2) Archiv für Ophthalm. Bd. XIV. Abth. III. S. 219 u. Bd. XV. Abth. I. S. 265. — Henle und Pfeuffer's Zeitschrift f. rat. Med. Bd. XXIX. S. 31—34. 1867 und Bd. XXVIII. S. 239. 1866.

3) Der intraoculäre Druck und die Innervationsverhältnisse der Iris. Wien 1866.

4) Arnold. Ueber das Auge des Menschen. Heidelberg u. Leipzig 1832. S. 72.

5) Traité d'Anatomie descriptive. Paris 1802. Tom. II. pag. 445. (s. Weber l. c. S. 11.)

6) Syntagma anat. Patav. 1651. p. 202.

wiesen, und hatte schon Letzterer neben dem an der Pupillarzone gelegenen Kreis- und Schliessmuskel der Iris, auf einen Dilatator hingewiesen, so glückte es erst Kölliker [1]), demselben eine scheinbar ganz gesicherte Stellung anzuweisen. Indessen sollte auch diese nicht von Bestand sein. Die Arbeiten von Grünhagen [2]) (1864 und 1866) und die durch dieselben veranlassten in dem hiesigen physiologischen Institute angestellten Untersuchungen von Hampeln [3]) lieferten für die Katzen- und Menscheniris den Nachweis, dass als zusammenhängendes Muskelstratum ein solcher Dilatator nicht existire. Gleichzeitig musste jedoch die Existenz zerstreuter, radiärer, hauptsächlich in Begleitung der Gefässe verlaufender Muskelfasern offen gelassen werden.

Das Ergebniss der zuletzt erwähnten Arbeiten wäre schon an und für sich hinreichend gewesen, den Entschluss, die Action der Iris einer erneuerten physiologischen Prüfung zu unterziehen, zu rechtfertigen. Als ein ferneres Moment, das zur Wiederaufnahme der Untersuchungen über die zwischen Nervenreizung und Muskelaction in der Iris obwaltenden Beziehungen auffordern musste, fiel noch das eigenthümliche Verhalten des Nervus oculomotorius gegen Curare und schwefelsaures Atropin in's Gewicht. Das Curare (Vrs. 1) nämlich, von welchem schon 0,4 Cc. einer 1 % Lösung, in eine Vene einer grossen Katze gebracht, nach einigen Minuten alle muskulomotorischen Nerven des cerebrospinalen Systems lähmen, und somit auch die in die äusseren quergestreiften Augenmuskeln tretenden Fasern des Oculomotorius unwirksam machen, alterirt den kurzen Ast des Nerven, der in's Ganglion opthalmicum tritt, in seiner Erregbarkeit nicht. Desgleichen wird auch der Sym-

1) Zeitschrift f. wissenschaftl. Zoologie. Bd. I. 1849. p. 48.

2) Virchow's Archiv. 1864. Bd. XXX. pag. 504. — Zeitschrift f. rat. Med. 1866. Bd. XXVIII. p. 176.

3) Beitrag zur Anatomie d. Iris. Diss. Dorpat 1869.

thicus von diesem Gift nicht gelähmt. Durch Injection minimaler Gaben von schwefelsaurem Atropin in eine Vene büsst (Vrs. 2) hingegen der oben erwähnte kurze, als rad. brevis in's Ganglion tretende Zweig des Oculomotorius seine Wirksamkeit auf die Iris völlig ein, während die übrigen muskulomotorischen Aeste desselben keine Schwächung ihrer Erregbarkeit zeigen, und die Rotation der Bnlbi ihren ungeschwächten Fortgang nimmt. Die radix brevis des Ganglion ciliare zeigt hiedurch, wie zuerst Keuchel [1]) auf Grundlage seiner Untersuchungen es ausspricht, ein dem Vagus und der Chorda tympani, soweit dieselben in's Herzfleisch und in die glandula submaxillaris Fasern entsenden, analoges Verhalten. Letztere werden nämlich durch das Atropin gleichfalls, und zwar zu einer Zeit, wo das übrige cerebrospinale Nervensystem und der Sympathicus in voller Integrität functioniren, völlig gelähmt, und es liegt daher der Gedanke, dass wir es hier bei der Wirksamkeit des Oculomotorius auf das Ganglion in gleicher Weise mit einer Hemmungswirkung zu thun haben, sehr nahe.

Da in dem Begriffe eines Hemmungsnerven die Vorstellung eingeschlossen liegt, dass mit seiner Erregung die von den Ganglienzellen, in welche er eintritt, ausgehenden und in der Bahn der von den Zellen entspringenden Nerven sich fortsetzenden Impulse sich verringern, so mussten — sollte die radix brevis ein solcher Hemmungsnerv sein, — durch Reizung des Oculomotorius, weil mit ihr eine Verengerung der Pupille verknüpft ist, dilatirende Ciliarnervenzweige in ihrer Energie depotenzirt und unwirksam werden. Diese Anschauung supponirt somit activ dilatirende Kräfte, deren zum Ausdruck gelangende Action von der grösseren oder geringeren Erregungsintensität des Oculomotorius abhängig gedacht wird.

Am nächsten würde nun zwar zur Erklärung dessen die Annahme eines Dilatators liegen; doch, da ihr, wie bereits er-

1) D. Atropin u. die Hemmungsnerven. Diss. Dorpat 1868.

wähnt, das anatomische Substrat neuerdings bestritten ist, so können wir die postulirte Kraft nur in die Gefässnerven, und den geforderten Effect nur in die spastische Contraction der von ihnen beherrschten Gefässwandungen verlegen. Soll nun eine Dilatation der Pupille effectuirt werden, so müssen die Ciliarnerven nicht nur das Gefässlumen verkleinern, sondern auch das Gefässrohr als solches verkürzen, da ausser einer Volumenabnahme der Iris der Tomus des Sphinkters zu überwinden ist; und zwar muss dieses auf rein mechanische Weise zu Stande kommen, denn sonst würden wir zur Annahme gezwungen sein, dass eine und dieselbe Ursache die Gefässe contrahirt und den Sphinkter entspannt, auf so nahe benachbarte und anscheinend durchaus gleichwerthige glatte Muskelfasern, somit in ganz entgegengesetzter Weise wirke.

Da nun der Halsstrang des Sympathicus, obgleich, wenigstens bei Hunden und Katzen [1]), ohne jeden unmittelbaren Connex mit dem Ganglion ophthalmicum, dennoch die Weite der Gefässlumina beeinflusst, dieses also auf directem Wege thun muss, so wäre dadurch der Irisbewegung verschwenderischer Weise ein zweifacher regulatorischer Apparat zur Verfügung gestellt, ohne dass uns Beweismittel für die hypothetische, gefässverkürzende Kraft in die Hand gegeben wären.

Diese Schwierigkeiten und Bedenken schienen wohl geeignet, vorläufig von einer weitern Verfolgung des von Keuchel ausgesprochenen Gedankens abzurathen, um so mehr, als der Gedanke — Hemmungswirkungen in den Irisbewegungen zu

1) Siehe hierüber die Angaben von Bidder und Volkmann (die Selbstständigkeit des sympathischen Nervensystems. Leipzig 1842. S. 79), die ich nach eigenen Untersuchungen durchaus bestätigen muss. Dass die aus dem Ganglion austretenden Ciliarnerven dicker sind und zahlreichere Elemente enthalten, als die in's Ganglion eintretende Wurzel, und daher wohl nicht als unmittelbare Fortsetzung der letzteren angesehen werden können, behauptet ausser den genannten Autoren auch Budge (l. c. S. 30).

erblicken, schon früher gehegt, aber in ganz entgegengesetzter Weise benutzt worden ist.

Auch Grünhagen [1]) statuirt einen Antagonismus zwischen Trigeminus und Sympathicus, der jedoch auf die Vorstellung einer Hemmungswirkung des Trigeminus gegründet ist, während von anderer Seite (s. Arlt jun.: Arch. f. Ophthl. Bd. XV. Abth. 1. S. 312) endlich auch der Sympathicus zum Hemmungsnerven des Oculomotorius erhoben wird.

War ich demnach schon durch die angedeuteten Ueberlegungen dahin geleitet worden, zur Erklärung der Irisbewegungen den wechselnden Durchmesser der intrabulbären Gefässe und den im Auge herrschenden Druck in Betracht zu ziehen, so legte mir folgender Versuch den Gedanken eines innigen Causalitätsverhältnisses zwischen intraoculärem Druck und Pupillenweite besonders nahe.

Injicirt man nämlich (Vrs. 5) mit einer Pravaz'schen Spritze, deren Spitze in die vordere Kammer geführt worden ist, Wasser in's Auge, so findet eine starke Dilatation der Pupille statt. Die Iris ist auf einen schmalen Saum retrahirt, der bei fortgesetzter Einspritzung völlig aus dem Gesichtsfelde verschwindet. Diese auf rein mechanischem Wege am todten und, wie später ermittelt wurde, auch am lebenden Auge erzeugte Dilatation, legte die Vermuthung nahe, dass vielleicht auch unter gewöhnlichen und normalen Verhältnissen die wechselnde Weite der Irisöffnung von physiologischen Druckschwankungen innerhalb des Bulbus abhängig sei, und die experimentelle Prüfung solcher Beziehungen schien eine der genaueren Beachtung nicht unwerthe Aufgabe zu sein.

1) Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 28. S. 33.

Es sei mir, bevor ich im Folgenden auf meine zu diesem Zwecke unternommenen Versuche näher eingehe, vergönnt, Herrn Professor Bidder, unter dessen Leitung und thätiger Mitwirkung ich im hiesigen physiologischen Institute meine Arbeiten ausgeführt habe, meinen wärmsten Dank für seine freundliche Hülfe und Förderung bei denselben auszusprechen.

I.

Die manometrische Bestimmung und die Ursachen des Augendruckes.

Die bisher zur Messung des Binnendrucks im Auge angestellten Versuche gehen von zwei verschiedenen Gesichtspunkten aus. Es wurde entweder die äusserlich fühlbare Bulbushärte als Maassstab des im Innern des Auges herrschenden Druckes benutzt, oder dieser letztere direkt gemessen durch Einführung einer mit den flüssigen Augenmedien frei communicirenden Röhre ins Auge. Die Vertreter der ersteren Richtung: Völkers und Hensen[1]), Donders[2]) und Dor[3]), die mit sog. „Ophthalmotonometern“ ihre Messungen vornahmen, haben von Stellwag v. Carion[4]) eine eingehende Widerlegung erfahren, indem er ihnen nachweist, dass sie von einem falschen Princip ausgegangen seien, und ihre Messungen daher auch keine praktische Bedeutung beanspruchen dürften. Mit Recht sagt Stellwag: „Doch ist dieselbe (die fühlbare Bulbushärte) keineswegs ein richtiger Werthmesser für den Binnendruck; denn sie be-

1) Experimentaluntersuch. ü. d. Mech. d. Accom. Kiel 1868. S. 40.

2) Der von Donders benutzte Apparat ist nach Angabe Professor Hamer's angefertigt worden. Eine nähere Beschreibung desselben ist mir leider nicht zu Gesicht gekommen.

3) Klin. Monatsblätter. 1865. S. 351.

4) Arch. f. Ophthalm. XIV. 1. S. 13.

zeichnet eigentlich nur den Widerstand, welchen die Kapsel ihrer Ausdehnung entgegensetzt, sagt aber nicht, ob dieser Widerstand davon herrührt, dass eine an sich dehnbare Kapsel schon bis zu einem gewissen Grade ausgedehnt ist und darum eine weitere Ausdehnung schwierig macht, oder ob die Kapsel an sich wenig nachgiebig ist. Sie lässt also nicht unterscheiden, ob die Höhe des intraoculären Drucks oder aber die Rigidität der Kapsel den Widerstand bedingt. Es muss, mit andern Worten, der Augapfel bei der äusserst geringen Compressibilität seines Inhaltes und bei der geringen elastischen Dehnbarkeit der Kapsel um so härter erscheinen, je weiter die Dehnung der letztern bereits gediehen ist, und bei gleichem intraoculären Drucke, je rigider die Kapsel selbst ist.“ Es ist somit die Tension des Bulbus als Product zweier Kräfte aufzufassen, des Elasticitätscoefficienten der Augenhäute und des Extensionscoefficienten des flüssigen Augeninhalts. Ob die Steigerung des Drucks durch eine Steigerung des letzteren oder eine Verminderung des ersteren erzeugt ist — lässt sich natürlich in concreto niemals feststellen. Abgesehen hievon scheint aber das Ophthalmotonometer überhaupt keine zuverlässigen Resultate liefern zu können. Es besteht ein solches Instrument im Wesentlichen aus einem mit einer Platte versehenen Stäbchen, an dem ein Fühlhebel beweglich angebracht ist, mit dessen Hülfe auf einem mit einer Scala versehenen Metallbogen Schwankungen der Gleichgewichtslage abgelesen werden sollen. Als Applicationsstelle dieses Apparates, als Stützpunkt für die Platte wird die Cornea benutzt. Immobilisirung des Bulbus ist bei dieser Construction der Messvorrichtungen eine unerlässliche Vorbedingung für die Erzielung auch nur annähernd brauchbarer Werthe. Und können nun auch die äussern Augenmuskeln beim Versuchsthiere durch Curare als Druck- und Bewegungsfactoren ausgeschlossen werden, so würde doch die unter dem Einfluss des Sympathicus stehende Contraction der glatten Orbitalmuskeln und der von ihnen abhängige Exophthalmus

eine nicht zum elinirende, gewaltige Störung bilden. Denn die von Völkers und Hensen[1]) zur Immobilisirung vorgenommene Tenotomie sämmtlicher Augenmuskeln ist mit einem so starken Blutverlust verknüpft, dass sie die Feststellung des physiologischen Binnendrucks unmöglich macht. Der einzige Weg die glatten Orbitalmuskeln auszuschliessen, wäre die Durchschneidung des Halsstranges des Sympathicus. Dieser Eingriff aber ist mit einer so bedeutenden Störung im Binnenstromgebiet (wie später erörtert werden wird) verknüpft, dass nicht nur auf die Feststellung absoluter Maasseinheiten (Dor), sondern auch brauchbarer Relationen verzichtet werden müsste.

In Betreff der zweiten Methode, den intraoculären Druck zu bestimmen, sind mehrfache Verfahrensweisen in Vorschlag gebracht; so begegnet uns im Gräfe'schen Archiv der Ophthalmologie (Bd. XII, Abth. 1, S. 14) vom Jahre 1866 eine Angabe Wegner's, der sich folgendermaassen einen Apparat zur Einführung in die vordere Kammer construirt hatte. Es handelte sich hier nur um Feststellung relativer Zahlenwerthe, um Ermittelung von Druckveränderung bei Nervenreizung oder bei Alteration der Druckverhältnisse im Gefässrohr. Zu solchem Zwecke diente eine konische Kanüle, die an ihrem dünneren Ende in eine solide Spitze ausläuft, an deren seitlicher Fläche sich eine Oeffnung befindet, und an deren dickerem Ende ein Hahn angebracht ist. Diese Kanüle wird in die vordere Kammer eingeführt, indem die Spitze in die äusserste Scleralzone der Cornea eingebohrt wird. Die Röhre communicirt mit einem aus Kautschuk und Glasröhrenstücken zusammengesetzten und mit einer ½-procentigen Kochsalzlösung gefüllten Schlauch, der seinerseits mit einem Manometer zusammenhängt, von dessen Schenkeln der eine capillaren Durchmesser besitzt. Nachdem der Hahn geschlossen worden ist, wird das Manometer mit Quecksilber gefüllt, die Spitze des Instrumentes durch die Cornea

1) l. c. S. 40.

gestossen, und sobald sie frei in den vorderen Kammerraum hineinragt, der Hahn geöffnet. Dann tritt bei freier Communication des humor aqueus mit der Salzlösung und dem Quecksilber, je nachdem der Druck im Auge oder im Manometer ein grösserer ist, Kammerwasser aus dem Auge heraus oder Salzlösung in's Auge hinein.

Grünhagen [1]) benutzt eine 11 Ctm. lange Neusilberröhre, in der ein mit einer scharfen Spitze versehenes Stilet, luft- und wasserdicht schliessend, hin- und hergeschoben werden kann. Die Röhre trägt 2,5 Mm. weit von ihrem Ende entfernt einen Ring, um ein tieferes Eindringen des Stilets zu verhindern, und unmittelbar hinter dem Ringe einen Ansatz, in dem eine vertikal gestellte Glasröhre, die mit der Neusilberröhre frei communicirt, eingefügt ist. Jene ist in ihrem ferneren Verlauf U-förmig gebogen, besitzt demgemäss einen aufsteigenden, einen absteigenden und hierauf wieder einen aufsteigenden Schenkel. Nachdem die Spitze des Stilets bis hinter den Ansatzpunkt der Glasröhre zurückgeführt ist, wird das freie Ende der Glasröhre in ein Gefäss mit Milch und Quecksilber oder Oel oder Brunnwasser und Quecksilber getaucht, und erst Milch resp. Oel oder Wasser, dann Quecksilber in die Glasröhre von der Endöffnung der Neusilberröhre aus aufgesogen. — Bevor das Stilet wieder zurückgeführt und in seiner mit der scharfen Spitze nun aus der Neusilberröhre hervorragenden Stellung fixirt wird (die Fixation ist durch eine besondere, an der letzteren angebrachte Vorrichtung sicher gestellt s. Grünhagen l. c.), verschliesst man das freie Ende der Glasröhre mit einem Korkstöpsel. Nach diesen Vorbereitungen wird die Spitze des Instruments durch die Cornea in die vordere Kammer gestossen, das Stilet zurückgezogen und der Korken entfernt, und dadurch der humor aqueus in freie Communication mit der Milch und dem Quecksilber gebracht. Das Letztere, das nach Einführung

1) Henle u. Pfeuffer. Zeitschrift für rat. Med. Bd. 28. S. 238.

der Spitze ins Auge gestiegen ist, wird ferner durch weiteres Einfüllen von Quecksilber in den aufsteigenden freien Schenkel des Manometerrohres auf den alten Standpunkt, auf dem es vor der Einführung des Instruments im mittlern absteigenden Schenkel sich befand, zurückgeführt und aus der Menge des dazu erforderlichen Quecksilbers an einer an der Röhre angebrachten Scala der intraoculäre Druck gemessen.

Adamück [1]) verwandte zu seinen Versuchen eine U-förmige, mit Quecksilber gefüllte Röhre, deren einer Schenkel lang ausgezogen und mit einer Lösung von kohlensaurem Natron oder mit Wasser gefüllt war, und durch eine mit einer feinen Nadel praförmirte Oeffnung in die Cornea geführt wird.

Den im Innern des Auges herrschenden physiologischen Druck im vollen Betrage zu bestimmen durch Vorrichtungen obgenannter Art scheint nicht thunlich. Denn vergegenwärtigt man sich als Componenten des Binnendrucks die elastische Spannung der Augenhäute und das Ausdehnungsbestreben des flüssigen Augeninhalts, so ergiebt schon eine flüchtige Betrachtung, dass der letztere dieser Factoren mit der Cornealparacentese alterirt werden muss.

Der humor aqueus findet nunmehr aus dem früher rings geschlossenen Raum einen freien Ausweg in die Oeffnung der eingedrungenen Röhre; und wird auch ein stärkeres Ausfliessen desselben durch den Gegendruck des Quecksilbers verhindert, so bleibt doch eine präcise Aequilibrirung des in der Kammer herrschenden Drucks mit der Quecksilberfüllung eine nur ideale Möglichkeit. Denn, wer häufig Gelegenheit gehabt hat ein solches Instrument anzuwenden, weiss, wie wechselnd die Höhe des Quecksilbers und somit auch die Menge des ausgetretenen Kammerwassers sogleich nach geschehener Einführung ist.

Eine festere oder lockere Fixation des Bulbus durch die Pincette, ein mehr oder minder tiefes Eindringen der Spitze

1) Med. Centralblatt. 1866. S. 561.

des Instruments, ein Druck des Ringes hinter der Eingangsöffnung auf die Cornealamellen, machen auch nach vorhergegangener Immobilisirung des Bulbus die Verhinderung des Aus- oder Eintritts von Flüssigkeit in die vordere Kammer illusorisch, ganz abgesehen davon, dass jede Contraktion der glatten Orbitalmuskeln ein Austreten derselben begünstigt. — Ist aber ein Ausströmen von Augenflüssigkeit nicht zu vermeiden, so wird mit dem gesunkenen Druck eine entsprechende Turgescenz der Gefässe und eine consecutiv gesteigerte Transsudation erfolgen. — Dieses Alles sind nun in der That Momente, die durch eine nachträgliche Nachfüllung von Quecksilber nicht ausgeglichen werden können.

Für die Unmöglichkeit absolute Druckwerthe für den physiologischen Binnendruck noch Paracentese der Cornea zu erzielen, sprechen auch die an dem Quecksilber im Manometer wahrnehmbaren Puls- und Respirationsschwankungen, die jedenfalls als Ausdruck eines von Grund aus geänderten Blutverkehrs im Auge gelten müssen. Desgleichen bilden die nach diesen Methoden gewonnenen Zahlenwerthe, die in den weitsten Grenzen schwanken, eine fernere Bestätigung für die Behauptung, dass absolute Werthe hier nicht zu gewinnen sind.

Anders darf man jedoch über die Brauchbarkeit dieser Instrumente und der durch sie gewonnenen Resultate urtheilen, sofern dadurch nur Relationen zwischen künstlich hergestellten, veränderten Druckbedingungen im Auge zum Ausdruck gelangen sollen. Von diesem Gesichtspunkte aus ändern sich nun aber auch die Anforderungen an das zu verwendende Manometer. Die mühsame Aequilibrirung des Quecksilbers mit dem Binnendruck, das in jeder Beziehung umständliche und lästige Nachfüllen desselben, der Verschluss der Röhre durch den Korkstöpsel — alles dieses erscheint entbehrlich. Als unzweckmässig kann andrerseits auch das Stilet und der Fixationsapparat (cf. Grünhagen) wegfallen. Desgleichen kann das Präformiren der Einführungsöffnung unterbleiben, weil es

neben der dadurch herbeigeführten Gefahr des Abflusses von Kammerwasser auch völlig nutzlos erscheint. Kautschukröhren endlich müssen schon ihrer Nachgiebigkeit wegen, und weil bei ihnen von den elastischen Wandungen ausgehende Eigenschwankungen nicht auszuschliessen sind, als Fehlerquelle vermieden werden. — Mir erschien dagegen vor Allem eine gesicherte Immobilisirung des ganzen Apparats von grösster Bedeutung; wo für diese nicht gesorgt ist, kann von auch nur halbwegs brauchbaren Resultaten nicht die Rede sein; denn jede auch noch so unbedeutende Bewegung und Schwankung, die bei Führung und Haltung des Instrumentes mit der freien Hand nicht zu vermeiden ist, bringt die erheblichsten Alterationen im Stande der Quecksilbersäule hervor. Auch Grünhagen spricht übrigens, wenngleich nur beiläufig, von einer solchen Fixationsvorrichtung, von einem Stativ, in welches die Glasröhre gestellt werden muss.

Das von mir angewandte, aus dem Grünhagen'schen hervorgegangene, und nach den angedeuteten Gesichtspunkten vereinfachte Manometer hatte allmählig folgende Einrichtung und Gestalt genommen. Ein aus Stahl gearbeitetes Rohr von 1½ Mm. Lichtung und etwa 60 Mm. Länge, das in einer der Pravaz'schen Spritze nachgebildeten Spitze mit auf der oberen Fläche gelegenen Oeffnung endet, ist mit seinem dickeren Ende senkrecht eingefügt in eine, von zwei vertical neben einander aufgestellten mit ihren unteren Enden in einen kleinen eisernen Kästchen aus mündenden und durch dasselbe mit einander communicirenden Glas-Röhren. Drittehalb Millimeter von der Spitze entfernt ist ein kleiner Ring an dem Metall-Rohr angebracht, um dem zu tiefen Vordringen des Apparats in die Augen-Kammer vorzubeugen. Die Glas-Röhren wie das sie verbindende Kästchen ruhen auf einem Brett, das mit einer Millimeterscala versehen ist und gleichzeitig der einführenden Hand als bequeme Handhabe dient. Von den verticalen Glas-Röhren misst die absteigende 75 Mm., die aufsteigende 150 Mm.; das

Lumen derselben beträgt 2½ Mm. Ist die Füllung der beiden verticalen Glasröhren bis zum Nullpunkt der Scala mit Quecksilber erfolgt und eine 1 % Salzlösung in den freigebliebenen Theil des kürzern Glasrohrs und in das ganze metallene Ansatzrohr gefüllt, so wird der Apparat nach vorhergegangener Fixation des Bulbus mit einer Pincette von der äussern Scleralzone der Cornea aus in schräger Richtung, um jede Verletzung des Iris zu vermeiden, in die vordere Kammer geführt, und darauf behutsam durch ein Stativ fixirt. Eine zuvor stattgefundene Curarisirung des Versuchsthieres und Einleitung künstlicher Respiration bilden unerlässliche Vorbedingungen zum Versuche.

Ob eine Alteration des physiologischen Binnendrucks durch die Cornealwunde, als solche, herbeigeführt wird, lässt sich nicht entscheiden. An der sehr unempfindlichen Katzencornea habe ich sie nie, auch nach den stärksten mechanischen und chemischen Insulten eintreten sehen; wenn ich indessen die beim Menschen nach der unbedeutendsten Verletzung derselben sich geltend machende reactive Vascularisation des episcleralen Bindegewebes, der Cornea, und häufig auch des Irisstroma's ins Auge fasse, so darf ich wenigstens für letztere, wie für die Kaninchenіris [1]) die Möglichkeit einer Alteration der Gefässturgescenz und consecutiv des Binnendruckes nicht bestreiten. Auf vielfache Beobachtung gestützt, muss ich hingegen der künstlichen Respiration einen bedeutenden Einfluss auf den intraoculären Druck vindiciren. Es lässt sich, entsprechend der physiologischen Voraussetzung, mit jeder neu zugeführten Quote von Luft eine entsprechende Steigerung des Druckes beobachten, die im gleichzeitigen Ansteigen des Quecksilbers im langen Schenkel des Manometerrohres sich ausspricht. Denn mit jedem neuen Quantum eingeblasener Luft wächst der im Thorax herrschende Druck und mit ihm die Compression der grossen

1) Grünhagen: Archiv f. Ophth. Bd. XIV. Abth. 3. S. 224.

Gefässe, wodurch sowohl der venöse Abfluss verlangsamt, als der arterielle Zufluss beschleunigt wird. Zwei Momente werden demnach in Kraft gesetzt, die den Blutdruck im Auge zu steigern vermögen. Die gleichen Erscheinungen treten bei dem leisesten Druck auf den äussern Theil des Thorax ein (s. Vrs. 6).

Ferner gelingt es auch durch Beschleunigung der künstlichen Respirationsstösse, wenn dadurch die in der Zeiteinheit in die Lungen geführte Luftmenge anwuchs, einen bleibenden sicheren Stand des Quecksilbers zu erzielen, während andererseits jede Verlangsamung, und vor Allem die Sistirung derselben, von einem beträchtlichen Sinken begleitet war (s. Vrs. 7 und 9).

Nach diesen Erfahrungen bleibt es mir unverständlich, wenn Grünhagen [1]) sagt: „Da die künstliche Respiration in jedem Falle das Aus- (!) und Eindringen des Blutes in die Brusthöhle behindert etc.“ und andern Orts [2]), wo er von der Sistirung der künstlichen Athmung spricht, behauptet, dabei nicht selten ein Steigen des Quecksilbers im Manometer beobachtet zu haben. Ja im Archiv f. Ophthalm., Bd. XIV, Abth. 3, S. 244 u. 246 spricht Grünhagen es auf's allerentschiedenste aus, dass die künstliche Respiration den intraoculären Druck herabsetze, die Sistirung derselben ihn aber bedeutend steigere.

Ausser diesen grösseren Schwankungen der Quecksilbersäule, die ½—1½ Mm. betragen, zeigen sich aber auch kleinere, bei denen nur ein Hervorwölben und Zurücksinken des Meniscus sichtbar wird. Die Feststellung ihrer Frequenz und des vollkommenen Paralelismus zwischen ihnen und dem Herzrhythmus geben die volle Sicherheit, dass man es mit aus dem Gefässrohr auf die flüssigen Binnenmedien übertragenen Pulsschwankungen zu thun habe.

Mit dem erwähnten Instrumente und unter Berücksichtigung

1) Arch. f. Ophth. Bd. XIV. Abth. 3. S. 224.
2) ibid.

der angedeuteten Verhältnisse lässt sich über das Abhängigkeitsverhältniss zwischen intraoculären Druckschwankungen und wechselnden Pupillendiametern Folgendes ermitteln. Ragt nach vollzogenem Durchbruch der Cornea die Spitze des Ansatzrohres frei in die Flüssigkeit der vorderen Kammer hinein, so stellt sich, nachdem das Versuchsthier und das Manometerrohr in gehöriger Lage fixirt worden, das Quecksilber im Mittel auf 13 bis 15 Mm., was einem Druck von 26—32 Mm. entspricht. Wird nun der Halsstrang des Sympathicus elektrisch gereizt (Vrs. 6, 7, 9), so erweitert sich die Pupille sofort beträchtlich, aber erst nach einem deutlich unterscheidbaren Zeitintervalle steigt das Hg um 2—3—4 Mm., einmal sogar um 10 Mm. an, um dann nach Absetzung der Elektroden [bisweilen sinkt das Hg auch schon während der Reizung (Vers. 2)] allmählich auf seinen Ausgangspunkt zurück zu sinken, während die Pupille noch immer stark dilatirt ist, und nur langsam auf ihren ursprünglichen Durchmesser zurückgeht. Stimmen demnach diese Erscheinungen an sich, nämlich einerseits die Steigerung des intraoculären Drucks und die Erweiterung der Pupille, andererseits das Sinken des ersteren und die Verengerung der letzteren, trefflich zu den Eingangs ausgesprochenen, auf die Injection von Wasser in's todte Auge gestützten Voraussetzungen, so widerspricht die Zeitfolge ihres Auftretens doch entschieden dem postulirten Causalitätsverhältnisse. Denn erst nachdem die Iris bereits ad maximum sich erweitert hat, tritt eine Steigerung des Druckes auf, und lange bevor die Pupille zu ihrer normalen Weite zurückgekehrt ist, ist das Quecksilber schon wieder auf seinen Ruhestand zurückgesunken.

Da ein solcher auf die Zeitfolge gegründeter Beweis gegen die Abhängigkeit der Pupillendilatation von einer Steigerung des interaoculären Drucks vielleicht nicht überall als vollgültig betrachtet werden dürfte, so sei es mir gestattet durch weitere Erfahrungen seine Beweiskraft zu verstärken. Nach Abtragung der Cornea (Vers. 4), und Enucleation der Linse (Vers. 7 u. 8),

wonach weder von Seiten der flüssigen noch festen Binnenmedien ein Druck auf die Iris ausgeübt werden kann, tritt bei Reizung des Halsstranges doch noch eine deutliche Erweiterung der Pupille auf. Ueberdiess darf auf die durch elektrische Reizung (Vers. 23) wie durch Atropin- oder Calabarinstillation (Vers. 18, 23) selbst am enucleirten Auge erzeugten Veränderungen im Pupillardurchmesser hingewiesen werden; da unter diesen Verhältnissen die Annahme eines entsprechenden Wechsels im intraoculären Drucke unzulässig ist. Thun solche Versuche unzweifelhaft dar, dass die Erweiterung resp. Verengerung der Pupille unabhängig von jedem Binnendruck erfolgen könne, so erweisen andere Versuche, dass eine Aenderung des Binnendrucks gleichfalls ohne entsprechenden Wechsel im Pupillardurchmesser stattfinden kann. Denn im Gegensatz zu der eben geäusserten Vermuthung sieht man bei durch Application von Myotica z. B. Nicotin (Grünhagen [1]) oder Calabar (Vers. 17, 21) verengter Pupille einen gesteigerten intraoculären Druck eintreten, während das Mydriaticum Atropin ihn sinken lässt (Vers. 11, 13, 16).

Fielen auch die nach Abtragung der Cornea, Enucleation der Linse oder am exstirpirten Auge beobachteten Schwankungen im Pupillardurchmesser nie so stark aus, wie beim unversehrten Auge, so waren sie doch durchaus genügend, die Unabhängigkeit dieser Schwankungen vom Augendrucke darzuthun. Beide Reihen von Erscheinungen sind vielmehr als coordinirte von einem gemeinschaftlichen Ursprung abzuleiten, und dürfen vielleicht als Ausdruck des wechselnden Gefässtonus aufgefasst werden.

Ausserdem aber beruhen die Druckschwankungen im Auge gewiss noch auf anderen Ursachen. Denn nicht nur hat jede Action der äusseren quergestreiften Augenmuskeln ein Steigen des Quecksilbers im Manometer zur Folge, sondern auch die

1) Archiv f. Ophthalm. Bd. XV. Abth. 1. S. 265.

in der Augenhöhle gelegenen glatten Fasern des M. orbitalis, der bei Thieren eine mächtige Schicht von Ringfasern und schwach entwickelte longitudinale Bündel führt, und auch beim Menschen obgleich nur äusserst schwach angedeutet (Harling[1]), vorhanden ist, muss den gleichen Erfolg haben.

Endlich scheint auch dem Binnenmuskel des Auges — dem M. ciliaris — ein gewisser Einfluss auf die intraoculären Druckschwankungen beigelegt werden zu dürfen, wie die Beobachtungen an Hornhautfisteln und Narben, wie die intraoculäre Myotomie und andere Untersuchungen lehren. Ich muss jedoch, da mir eigene Erfahrungen in dieser Richtung völlig fehlen, Stellwag[2]) Recht geben, wenn er darauf aufmerksam macht, dass die betreffenden Erfahrungen alle an Augen gemacht sind, denen die normale Spannung fehlte, deren Hornhaut zerstört oder von anderen Insulten betroffen war, und dass nach den von Memorsky mitgetheilten Untersuchungen[3]) die Präsumtion eher gegen als für eine solche Annahme spricht.

Von diesen verschiedenen Ursachen der Steigerung des Augendrucks können bei den an curarisirten Thieren angestellten Versuchen die äussern quergestreiften Augenmuskeln als ausser Thätigkeit gesetzt übergangen werden. In Betreff der glatten Muskeln der Orbita muss auf die Versuche von Adamück[4]) verwiesen werden. Nach denselben hängt die Drucksteigerung im Auge nicht von den glatten Muskeln der Orbita (resp. den Müller'schen), welche das Auge hervortreiben, ab, weil dieselben auch bei vollständiger Zerstörung der äusseren weichen Wand sammt der Membrana orbitalis, welche die Müller'schen Muskeln enthält, zu Stande kommt, wonach aber natürlich die Reizung des sympathischen Nerven ohne Erfolg auf das Hervortreten des Augapfels bleibt. Die Drucksteigerung stellt sich sogar bei vollständiger Trennung des Auges

1) Henle u. Pfeuffer. Zeitsch. f. rat. Med. Bd. 24. S. 275.
2) l. c. S. 15 u. 16.
3) Archiv f. Ophthalm. Bd. XII. Abth. II. S. 84—128.
4) Centralbl. 1867. S. 435.

von den dasselbe umgebenden Weichtheilen ein, wenn die Operation mit möglichster Schonung der Augengefässe und Nerven ausgeführt worden ist. Erinnert man sich ferner, dass nach Durchschneidung des Sympathicus das Auge in die Orbita zurücksinkt (Vers. 12), weil der M. orbitalis seine Spannung einbüsst, so können die nach vorhergegangener Curarisirung des Versuchsthieres und nach Durchschneidung des Halsstranges sich darbietenden und manometrisch messbaren Druckschwankungen nur als Ausdruck von innerhalb des Bulbus vor sich gehenden Veränderungen betrachtet werden.

Hiernach und mit Uebergehung des doch nur hypothetischen und jedenfalls höchst geringen Einflusses des m. ciliaris, begrenzt sich die Frage wohl in folgender Weise: Haben wir es mit vermehrter Secretion und Filtration zu thun, oder sind es Veränderungen im Gefässtonus, die als Druckschwankungen zum unmittelbaren Ausdruck gelangen?

Deuten schon die prononcirten Puls- und Respirationsschwankungen des in die Augenkammer eingeführten Manometers auf das Letztere hin, und darf eine mit jeder galvanischen Reizung des Halsstranges steigende und mit dem Aufhören des reizenden Stromes sinkende Quecksilbersäule nimmermehr auf eine mit gleicher Geschwindigkeit erfolgte Ausscheidung und resp. Resorption von Flüssigkeit bezogen werden, so konnte auch das mit dem Tode d. h. bei Sistirung der künstlichen Respiration regelmässig eintretende Sinken des Druckes doch nur auf eine Entleerung der Augengefässe bezogen werden. Vor Allem scheint mir jedoch der Beweis dafür, dass das Ansteigen des Quecksilbers mit einer vermehrten Secretion nicht Hand in Hand gehe, durch folgenden Versuch Grünhagens gegeben zu sein: Einer curarisirten Katze wird das Manometer in die vordere Kammer eingeführt, und darauf ein Steigen des Quecksilbers (um 3 Mm., von 26—29) beobach-

1) s. Henle und Pf. Zeitschr. f. rat. Med. Bd. 28. S. 242.

tet. Wird nun die künstliche Athmung sistirt, so sinkt das Quecksilber beträchtlich unter seinen Ausgangsstand zurück (bis auf 10 Mm). Wird darauf der intraoculäre Druck im bisher unversehrten Auge gemessen, so ergiebt sich hier derselbe Tiefstand des Quecksilbers, wie er für's erste Auge nach unterbrochener Athmung bestimmt war, woraus ersichtlich ist, dass die während des Lebens beobachtete Steigerung nicht von einer vermehrten Secretion abzuleiten war.

Spricht nun gleich Grünhagen[1]) bei Erwähnung der Wirkungen des Nicotins von einem sichtbaren Ansteigen des humor aqueus im Manometerrohr (um 38 Mm. und mehr — die secernirte Menge betrug 0,7 Ccm.), und ist es nach den bei Iridectomien, Staarextraktionen, Hornhautparacentesen und Fisteln, in Bezug auf die Wiederfüllung des Bulbus gemachten Erfahrungen mehr als wahrscheinlich, dass nach Abfluss des humor aqueus oder der Glasflüssigkeit, eine gesteigerte Filtration aus den Gefässen die abgeflossene Augenflüssigkeit ersetze, so muss auch bei meinen manometrischen Versuchen, bei denen gleichfalls humor aqueus in das Manometerrohr eintrat, eine gesteigerte Transsudation statuirt werden, die natürlich nicht ohne Einfluss auf den Quecksilberstand bleiben kann. Ebenso gesichert erscheint mir dagegen nach den obigen Thatsachen die Behauptung, dass durch Quecksilberschwankungen im Instrument entsprechende Schwankungen des Filtrations- oder Secretionsherganges nicht zum Ausdruck gelangen; denn durch dieselben könnte nur ein continuirliches Ansteigen oder Sinken des Quecksilbers, nicht aber ein discontiuirlicher, rascher Wechsel in der Druckhöhe erklärt werden. Was aber für das in seiner Resistenz und Spannung, sowie in seinen Blutlaufsverhältnissen alterirte Auge gilt, darf in diesem Falle unbedenklich auch anf das normale Auge bezogen werden; auch hier wird den physiologischen Schwankungen der secernirten oder

1) Archiv f' Ophthalm. Bd. XV. Abth. I. S. 282.

filtrirten Flüssigkeitsmenge kein weiter Spielraum zugestanden werden dürfen, da jeder Zuwachs von Flüssigkeit in dem geschlossenen Raume des Augapfels bei normaler Resistenz seiner Häute mit einer entsprechenden Verminderung der arteriellen Zufuhr und Beschleunigung des venösen Abflusses verknüpft sein muss. Das Verdienst auf dieses regulatorische Verhalten des flüssigen Augeninhaltes auf die zwischen den Augenhäuten eingelagerten Gefässe aufmerksam gemacht zu haben, gebührt Donders, Memorsky[1]) und Stellwag[2]).

Aus dem Bisherigen ergiebt sich: 1) dass die Pupillenweite nicht vom intraoculären Druck abhängig ist; 2) dass dieser Druck von der Contraction der äussern Augenmuskeln und des m. ciliaris (?) zwar beeinflusst wird, dass die ihn bedingenden Momente indessen im Auge selbst gelegen sind, und 3) dass die gefundenen Druckwerthe zum kleinsten Theil Ausdruck einer gesteigerten Filtration und Secretion sind, vielmehr durch ihre Schwankungen nur Druck- und Spannungsdifferenzen zum Ausdruck bringen.

Wie weit nun der Pupillardurchmesser in seiner wechselnden Weite gleichfalls durch die Blutturgescenz des Auges im Ganzen oder durch die Füllung der Irisgefässe im Besonderen bestimmt werde, und ob diese Ursache die einzig auf ihn wirkende Kraft repräsentire, muss die fernere Erörterung darthun.

Dem zweiten Theile dieser Frage will ich zuerst mich zuwenden. Ihre Beantwortung liegt zum Theil in den schon erwähnten Experimenten. Denn elektrische Reizung des Halssympathicus curarisirter Thiere ruft selbst nach Sistirung der künstlichen Respiration, also unter Bedingungen, wo an einen Wechsel des Blutdruckes nicht mehr gedacht werden darf, doch noch Erweiterung der Pupille hervor, Reizung des Oculo-

1) Arck. f. Ophth. Bd. XV. Abth. 1. S. 65.
2) l. c. S. 20.

motorius hingegen nach sagittaler Durchsägung des Schädels und dem damit verbundenen Blutverluste erzeugt noch Verengerung der Pupille (Vrs. 1).

Meine Versuche an exstirpirten Augen liefern die gleichen Ergebnisse. Legte ich an die Scleralzone der Cornea die Elektroden entweder in den grössten Durchmessern oder in wechselnder Entfernung von einander an, so sah ich eine Dilatation der Pupille eintreten, die nach Aufhören des Reizes sich wiederum verkleinerte, um bei mehrfach wiederholter Application der Drähte stets dasselbe Spiel zu zeigen (s. Vrs. 18). Auch an calabarisirten (s. Vrs. 19 u. 23) und an atropinisirten (s. Vrs. 18 u. 23) Augen glückte es, nachdem sie aus der Orbita exstirpirt worden, durch elektrische Reizung Erweiterung der Pupille zu erzielen.

Aber auch Verengerung der Pupille liess sich unter solchen Umständen erzeugen: Nachdem ich an einer lebenden Katze ein Auge mydriatisch gemacht hatte, präparirte ich beide Bulbi aus ihren Orbiten heraus und reizte dieselben elektrisch. In dem atropinisirten Auge tritt hierbei eine Erweiterung, in dem anderen eine Verengerung der Pupille ein. Nach Entfernung der Eletroden und darauf erfolgter Restitution beider Pupillen zu ihrem früheren Durchmesser, träufelte ich Calabarextract auf beide Bulbi, und sah im Zeitraum einer halben Stunde eine allmählich anwachsende Myose sich einstellen, die auf dem atropinisirten Auge schwächer ausgeprägt blieb.

Liesse sich nun zu Gunsten der Theorie, dass die Irisbewegung nur von der Turgescenz der Blutgefässe abhängig sei, entgegnen, dass im todten und exstirpirten Auge Druckschwankungen, in so weit sie durch die Herzaction bedingt werden, zwar nicht zur Geltung gelangen können, dass dagegen in den Gefässen eine gewisse Menge Blutes doch noch enthalten sei, die unter dem Einfluss der elektrischen Reizung durch Contraction der noch erregbaren Gefässmuskeln transsudire, und mit der Entleerung der Irisgefässe gleichzeitig die Pupillendilation bewirken könne, so hätten wir dadurch noch lange nicht den raschen Wechsel der Pupillenweite bei jeder neuen Stromesschliessung erklärt. Diese Thatsache erfordert zu ihrer Erklärung eine zweite Hypothese, nämlich die Annahme, dass nach Entfernung des electrischen Reizes eine Erschlaffung der spastisch contrahirten Gefässe und mit ihr eine gesteigerte Resorption von Flüssigkeit in die Gefässe hinein stattgefunden habe.

Für die bei elektrischer Reizung des enucleirten Auges beobachtete Verengerung seiner Pupille bliebe es jedenfalls noch erforderlich eine dritte Hypothese zu statuiren, dass nämlich durch Nervenreizung gewisse, den Tonus der Gefässe regulirende, Kräfte ausser Thätigkeit gesetzt werden, was mit der Annahme von in den Gefässwandungen gelegenen gangliösen Hemmungscentren überein käme; oder man müsste seine Zuflucht zu activ gefässdilatirenden Muskel- oder Nervenelementen nehmen. Da aber sowohl anatomische Beweise als physiologische Erfahrungen für letztere Annahme gänzlich mangeln, ist der Ausspruch gerechtfertigt, dass Bewegungen der Iris, auch unabhängig von der wechselnden Füllung der Gefässe, zur Beobachtung gelangen können. Es würde daher sowohl Verengerung als Erweiterung der Pupille nur vom wechselnden Tonus des Sphincters abhängig zu machen sein, und es müsste ferner behauptet werden, dass der gleiche Reiz den gleichen Muskel (d. Sphincter) sowohl contrahiren als erschlaffen könne, da im enucleirten Auge nach Application der Electroden sowohl Pupillendilatation als Verengerung eintreten kann.

Unter solchen Umständen scheint die Annahme eigener dilatirender Muskelfasern im Irisgewebe ganz unvermeidlich geboten zu sein. Dass diese Muskelfasern ein zusammenhängendes Stratum bilden, ist damit jedoch durchaus nicht postulirt, und die von Hampeln offen gelassene Möglichkeit des Vorkommens zerstreuter radiärer Muskelfasern in der Iris[1])

1) Hampeln l. c. S. 45.

scheint zur Erklärung der hierher zu ziehenden Erscheinungen ganz hinreichend.

Wenn Hampeln[1]), nachdem er einen Versuch Köllikers[2]) angeführt, in welchem nach Abtragung der Cornea und des Pupillarrandes der Iris auf Reizung des Halssympathicus eine Erweiterung der Pupille eintrat, der darauf gegründeten Annahme dilatirender Fasern in der Iris die Wirksamkeit der Gefässmuskulatur und des M. ciliaris entgegenstellte, so scheinen mir meine Versuche an enucleirten Bulbi, wie früher bereits besprochen, die Annahme vasomotorischer Kräfte in der Iris, als einzige Ursache für die Veränderungen im Pupillardurchmesser, ausgeschlossen zu haben. Mit noch geringerer Berechtigung dürfte aber die Erweiterung der Pupille von der Action des M. ciliaris abhängig gemacht werden, nachdem durch die neuesten Untersuchungen von Schmiedeberg und Koppe[3]) „über die Wirksamkeit des Muscarin's" eine zeitlich scharf geschiedene und isolirt auftretende Wirkung zwischen der Thätigkeit des Accommodationsmuskels und den Irisveränderungen durch Myotica und Mydriatica dargelegt ist.

Grünhagen[4]) schreibt dem Halsstrange des Sympathicus eine gefässverengernde Kraft, durch die gleichzeitig die Pupille erweitert würde, zu, während der Iristrigeminus durch direct gefässdilatirende Fasern die Gefässe erschlaffe, ferner eine Elasticitätsverminderung des nicht muskulösen Gewebes der Iris herbeiführe, und dadurch Verengerung der Pupille bewirke. Ob die Erweiterung der Pupille nur von der vasomotorischen Wirksamkeit des Sympathicus oder auch durch eine, die Contractilität nicht muskulöser Gebilde der Iris beeinflussende Kraft desselben hervorgerufen werde, wagt Grünhagen nicht zu entscheiden, hält es aber für nicht gerathen, in einer Zeit, wo die Contractilität nicht mehr für ein gültiges Zeichen des Muskelgewebes allein angesehen werde, sondern den verschiedensten Geweben zuzukommen scheine, eine solche Annahme strikt abzuweisen. Abgesehen vorläufig von den hier supponirten Nervenkräften und ihrem Einflusse auf das nicht muskulöse Gewebe der Iris, versucht also auch Grünhagen nach Ausschluss eines Dilatator's die gleiche Erklärung für die Irisbewegung zu geben, die auch ich als hypothetisch hingestellt hatte, um sie auf Grundlage meiner Untersuchungen abzuweisen. Um jedoch die Beziehungen zwischen Irisbewegung und Blutdruck vollständig würdigen zu können, glaube ich auf eine Erörterung der Circulationsverhältnisse im Auge näher eingehen zu müssen.

1) l. c. S. 45.

2) Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie Bd. VI, 1855, pag. 144.

3) Das Muscarin, das giftigen Alkaloide des Fliegenpilzes. Leipzig 1869. pag. 69.

4) Henle und Pfeuffer, Zeitschr. für rat. Medicin. Bd. 28, p. 34.

Die Kraft des Herzens, die Quelle der Druck- und Bewegungsphänomene innerhalb der Gefässe, verbraucht sich auf dem Wege zu den Capillaren. Je weniger daher durch Ueberwindung von Widerständen innerhalb der Gefässstämme in Form von Druck und Reibung verloren geht, oder je grösser bei sonst gleichen Verhältnissen das Lumen des Gefässes ist, mit um so grösserer Kraft langt das Blut in der Peripherie an. Repräsentirt nun der Bulbus eine pralle mit Flüssigkeit gefüllte Kugel, so muss jede Aenderung im Gesammtblutquantum desselben, sei es durch vermehrte Zufuhr oder durch verhinderte Abfuhr, eine entsprechende Aenderung im Durchmesser der venösen oder arteriellen Gefässe bedingen. — Andrerseits kann auch eine Veränderung der Gefässdurchmesser durch eine Alteration in der entsprechenden Innervationssphäre, ohne Aenderung der Triebkraft des Herzens oder ohne Störung des venösen Rückflusses, eintreten und sich geltend machen. — Die Gefässe, die zum grössten Theil zwischen die Augenhäute eingebettet, den Bulbus entlang ziehen, üben einen ihrer Vergrösserung entsprechenden Druck auf das sie umhüllende Nachbargewebe aus, während gleichzeitig eine grössere Quote der

auf Ueberwindung der Widerstände im Gefässrohr gerichteten und durch Erweiterung der Gefässlumina freigewordenen Kraft sich ebenfalls auf dasselbe überträgt.

Die Aeusserung dieser Drucksteigerung kann eine dreifache sein: entweder werden die Augenhäute ausgedehnt, oder die flüssigen Augenmedien verdichtet, oder die Blutgefässe durch Rückwirkung von den gedrückten Theilen comprimirt. Da nun nach Memorsky [1]) unter normalen Bedingungen die Sclera nicht ausdehnbar, und der Elasticitätscoefficient der Augenflüssigkeiten bei der gewöhnlichen Körpertemperatur gleich Null zu setzen ist, bleibt nur die dritte Annahme möglich. Ihr entsprechend müsste die Zunahme des intravasculären Druckes unter normalen Verhältnissen sich selbst steuern, d. h. eine entsprechende Verminderung der arteriellen Zufuhr und Vermehrung des venösen Abflusses zur Folge haben.

Memorsky geht indessen noch weiter; er leugnet jede Drucksteigerung im physiologischen Auge, indem er sich auf Versuche an Hunden beruft, denen er nach dem Vorbilde Kussmaul's [2]) die venae jugulares oder, um auch andere Wege des Blutabflusses — die Vertebralvenen — zu stopfen, die venae anonymae oder die vena cava superior unterbunden hatte. Da derselbe bei ophthalmoskopischer Betrachtung des Augenhintergrundes in solcher Weise vorbereiteter Thiere keine stärkere Füllung in den Retinalgefässen wahrnahm, so folgerte er, dass eine Steigerung des intraoculären Druckes — eine mechanische Hyperämie der Augenhäute — durch das regulatorische System im Auge unmöglich gemacht sei. „Das Auge erhält beständig (l. c. S. 112) eine gleich grosse Menge von Blut, welche in Folge allgemeiner Blutverluste etc. verringert, aber auf mechanischem Wege nicht vermehrt werden kann.“ — Lassen sich nun für

1) l. c. S. 112 u. 113.

2) Untersuchungen über d. Einfluss d. Blutstauung auf d. Bewegung d. Iris. Würzburg. 1865.

eine Erhöhung des intraoculären Drucks nach Compression der Jugularvenen die manometrischen Messungen von Adamück [1]) nicht vollgültig verwerthen, da Memorsky ausdrücklich gegen eine Uebertragung der am geöffneten Auge gewonnenen Erfahrungen auf den unversehrten Bulbus protestirt, so weist der bei diesen, wie bei andern in den Annales d'oculistique Bd. 58. S. 8 [2]) mitgetheilten, nach verschiedener Methode ausgeführten Versuchen, gewonnene Erfolg auf die Fehlerquellen hin, die ein negatives Resultat in Betreff der venösen Stase in den Retinalgefässen bedingten.

Während nämlich Adamück bei Unterbindung der innern und äussern Drosselvenen nur ein höchst unbedeutendes, inconstantes Steigen des Quecksilbers im Manometer wahrnehmen konnte, trat bei Unterbindung der Wirbelvenen, hart an ihrem Austritt aus der Sclera, eine Steigerung des intraoculären Druckes auf das 3—4 fache ein, also eine viel grössere Zunahme, als sie sich unter gleichen Verhältnissen durch andere Manöver erzielen lässt.

Da der Druck in den extrabulbären Venenstämmen ein bedeutend geringerer ist (s. Stellwag l. c. S. 34) als in den Gefässen innerhalb des Auges, so wird die Verschliessung der abführenden Venen sich um so früher geltend machen, je näher ihrem Austritt aus der Sclera dieselbe ausgeführt wurde. Denn um so rascher wird der Ausgleich im Druck zwischen extra- und intrabulbären Venenstämmen — die unerlässliche Vorbedingung der Venendilatation — erfolgen.

Aus der Nichtberücksichtigung dieser Verhältnisse erklären sich die Misserfolge Memorsky's. Eine zweite nicht zu unterschätzende Fehlerquelle bildet die bei wirklich eingetretener vasculärer Turgescenz gleichzeitig eintretende Verkürzung des Krümmungsradius der Cornea. In wieweit durch

1) Centralblatt 1866. S. 562.

2) Centralblatt 1867. S. 678.

sie die richtige Abschätzung der Bildgrösse der ophthalmoskopisch beobachteten Gefässe beeinflusst wird, behalte ich mir vor weiter unten zu besprechen.

Dass auf rein mechanischem Wege durch Injection defibrinirten Blutes in die Carotis eine stärkere Blutfüllung des Bulbus mit den ausgeprägtesten Charakteren einer Hyperämie hervorgerufen werden kann, habe auch ich in den Versuchen 21 und 24 erfahren, bei denen der Bulbus fühlbare Marmorhärte gewinnt, und die Gefässe der Iris stark erweitert und wie mit Wachs ausgegossen aus dem Stroma derselben hervortreten. Aber auch Abschnürung der arteriellen Zufuhr durch Compression des Truncus anonymus bedingt eine Alteration in der Blutfüllung des Bulbus. Memorsky[1]) selbst musste diese bestätigen durch Versuche, in denen er zu gleichen Resultaten, wie Kussmaul[2]) hinsichtlich des „Blässerwerdens" des Augenhintergrundes und des Leerwerdens der Gefässe gelangte.

Nachdem im Bisherigen die Existenz intraoculärer Druckschwankungen als Folge der Zu- und Abnahme des Gesammtblutreichthums im unversehrten Auge sicher gestellt sein dürfte, glaube ich betonen zu müssen, dass auch bei gleichbleibender Gesammtblutmenge Druckschwankungen im Auge eintreten können in Folge ungleicher Distribution der Masse auf die einzelnen Gefässdistrikte. Auf dieses compensatorische Verhalten in der Füllung der Netzhaut und der Ciliargefässe machte schon Donders[3]) aufmerksam; nach ihm wurde es von Memorsky[4]) und Stellwag[5]) weiter geprüft und bestätigt. Wie weit aus demselben, namentlich aus einer Entleerung der Irisgefässe, Bewegungsphänomene resultiren, oder wie weit Bezie-

1) l. c. S. 97.
2) l. c. S. 18.
3) Archiv f. Ophthalm. Bd. I. Abth. 2. S. 90–98.
4) l. c. 85.
5) l. c. 31.

hungen zwischen intravasculären Druck- und Irisbewegung stattfinden, das zu prüfen sei nun meine nächste Aufgabe.

Schon die beim Katzenauge auf unmittelbare Anschauung gegründete Erfahrung, dass mit der Verengerung und Erweiterung der Pupille ein entsprechendes An- und Abschwellen der grossen Kranzgefässe (d. circulus iridis major) eintritt, ferner die Angabe Himly's[1]), dass die Iris der Säugethiere und Vögel (was ich für die Katze bestätigen kann) „durch das plötzliche Eindringen neuen Lichtes in eine wahre oscillatorische Bewegung, in einen öftern Wechsel von Systole und Diastole gerathe, die gleich den Schwingungen des Pendels immer schwächer und schwächer werden," — weiter die Dilatation der Pupille bei Sistirung der künstlichen Respiration curarisirter Thiere[2]), und endlich das Schwächerwerden der Puls- und Respirationsschwankungen mit gleichzeitigem Sinken des Quecksilbers in dem in's Auge eingeführten Manometer bei Galvanisirung des Vagusstammes (Vrs. 7), — das Alles sind Thatsachen, die den Causalnexus zwischen intravasculären Druck und Irisbewegung unabweisbar nahe legen. Doch muss ich noch näher in's Detail der Frage eintreten, indem ich den Beobachtungen von Völkers und Hensen[3]) über die Himly-schen Angaben (s. oben) folge: Die Iris spielt im Rhythmus des Herzens, doch sind ihre Bewegungen hinter dem Radialpuls verspätet. Ausser diesen Pulsschwankungen sind noch grössere Respirationsschwankungen vorhanden, aber machen sich nicht immer deutlich geltend; bei energischer Respiration treten sie deutlicher hervor und zwar entspricht der Exspiration

1) Himly. Ophthalm. Beob. S. 47 (s. Budge l. c. pag. 169).
2) Bestätigen sich d. Versuche Thiry's (Centralblatt. 1864. Nr. 46), die er nach Durchschneidung des Halsmarks angestellt hat, so ist es wohl wahrscheinlicher die Pupillendilatation nach Sistirung der künstlichen Respiration von der reizenden Einwirkung des mit Kohlensäure überschwängerten Blutes auf die Centra der sympathischen Irisnervenfasern abzuleiten.
3) l. c. S. 23.

eine Verengerung, der Inspiration eine Erweiterung der Pupille. Nebenbei wirkt noch entschieden die Irismuskulatur mit, aber wenig und fast stets merkwürdiger Weise im Rhythmus des Pulses. Bei starker Contraction der Iris zeigt sich jene Bewegung nicht, was sich aus der Spannung des Sphinkters und der Streckung der Gefässe erklärt. Diese Irisveränderungen treten auch nach durchschnittenem Oculomotorius und im atropinisirten Auge auf und sind nicht gut anders, als durch die Blutbewegung, erklärbar."

Folgende ebenfalls zur Feststellung einer Relation zwischen Blut- und Irisbewegung dienende Beobachtungen, mögen die Zahl und Bedeutung der soeben mitgetheilten noch verstärken: Eintritt von Pupillendilatation nach sagittaler Durchsägung des Schädels muss ohne Zweifel auf den Blutverlust, die Anämie der intrabulbären Stämme, zurückgeführt werden in gleicher Weise, wie dieses bei der, nach Sistirung der künstlichen Respiration beobachteten Pupillenerweiterung geschah; ferner: die mittlere Weite der Pupille nach completer Lähmung des Oculomotorius, während in solchem Falle nach der Lehre vom muskulären Antagonismus vielmehr maximale Dilatation hätte eintreten müssen — schliesslich: die in meinen Versuchen sich bestätigende Erfahrung [1]), dass Reizung des Oculomotorius nach Durchsägung des Schädels stets eine geringere Verengerung der Pupille, als die durch Myotica oder auf direkte elektrische Reizung während des Lebens erzeugte, hervorbringt, und dass bei hochgradiger Anämie diese Reizung sogar völlig wirkungslos bleibt (Vrs. 24). Reizung des Sympathicus bleibt dagegen unter allen Verhältnissen wirksam, sowohl nach Abtragung der Cornea und Enucleation der Linse, als auch nach dem Tode und bei den höchsten Graden künstlich erzeugter Anämie. Die Dilatation der Pupille bleibt nie aus, wenn auch in den meisten Fällen der excursive Effect bei derselben wegen der schon

1) Guarini. Annales d'Oculistique. S. 279. 1845.

vorhandenen Blutleere nicht sehr bedeutend sein kann. Dass nach Abtragung der Cornea die Pupille sich verengert [1]), scheint von einer durch den aufgehobenen Druck bedingten Erschlaffung der Irisgefässe abhängig zu sein; dieses ist auch der einzige mir bekannte Fall, wo die Reizung des Halsstranges bisweilen ihre Wirkung ganz versagt, oder doch nur eine unbedeutende Erweiterung zur Folge hat. Es sind die contractilen Elemente der Gefässwandungen in diesem Falle wenig oder gar nicht im Stande auf Reizung sich zu verkürzen, d. h. den nach Wegfall des Kammerdruckes mächtig angewachsenen Seitendruck im Gefässrohr zu überwinden.

Die in den letztgenannten Beobachtungen, bei gleicher Stärke der am Oculomotorius und Sympathicus applicirten Reize, zu Tage tretenden Differenzen im Erfolge der Erregung, die mir anfänglich höchst befremdlich erschienen, bestätigen bei reiflicher Ueberlegung in ganz erwünschter Weise die vorausgesetzte Abhängigkeit der Irisbewegung vom intravasculären Drucke. Denn sind im Sinne dieser Theorie zwei Faktoren die Componenten der Pupillenverengerung: die Contraktion des Sphinkters uud vor Allem die stärkere Füllung der Irisgefässe mit Blut, so ist allen jenen unter sonst so verschiedenen Bedingungen angestellten Versuchen das gemeinsam, dass der Blutstrom zum Auge aufgehört hatte, und dass daher bei Reizung des Oculomotorius und Contraction des Sphinkters nur ein Wechsel in der Distribution der Blutmenge, nicht aber eine Vermehrung der Gesammtblutmasse erfolgen konnte.

Warum dagegen die Sympathicusreizung trotz Aufhören des Blutstromes die Pupillenerweiterung erzeugte, lehrt gleichfalls die Analyse der für diesen Erfolg wirksamen Kräfte. Neben der Verkürzung der zerstreut im Irisstroma gelegenen ra-

1) Budge sah dieselbe, sowohl nach Durchschneidung des Oculomotorius, Trigeminus und Sympathicus — jedes einzelnen, als auch nach Durchschneidung aller insgesammt auftreten. l. c. S. 64.

diären Muskelfasern ist die Dilatation der Pupille hauptsächlich von einer spastischen Contraction und Entleerung der Irisgefässe abhängig. Daher wird eine Verminderung der Blutzufuhr unter sonst unveränderten Verhältnissen die Pupillendilatation begünstigen. Dem entsprechend zeigt sich dann auch, wo das Versuchsthier anämisch geworden war, schon vor der Reizung des Halsstranges eine beträchtliche Erweiterung.

Allen diesen Erklärungen liegt nun aber die Voraussetzung zu Grunde, dass der Sympathicus die Irisgefässe verengere, während Reizung des Oculomotorius oder Durchschneidung des sympathischen Halsstranges eine Gefässdilatation bewirke.

Um nun diese vorausgesetzten vasomotorischen Eigenschaften des genannten Nerven zu prüfen, galvanisirte ich den Halsstrang curarisirter Katzen, und fasste zur gleichen Zeit das Verhalten der Retinalgefässe mit Hülfe des Ophthalmoskop's in's Auge (Vrs. 8). Unter den in dieser Absicht angestellten Versuchen, lieferte einer ganz erwünschte und befriedigende Resultate.

Einer kräftigen Katze (Vrs. 12) wird das Gangl. cervicale supr. der einen Seite exstirpirt, wonach die Arterien der Retina, verglichen mit denen des andern Auges, entschieden erweitert erschienen. Reizung des Halsstranges auf der unversehrten Seite lässt dagegen bei ophthalmoskopischer Betrachtung eine bedeutende Verengerung der Gefässe wahrnehmen, so dass die radiär aus der Sehnervenpapille austretenden Gefässreiser fast bis zum Verschwinden verschmälert erscheinen, und der Augenhintergrund sich blässer zeigt.

Dieses Resultat entsprach den Voraussetzungen völlig, und zur Sicherstellung der gewonnenen Ergebnisse hätten bloss weitere Versuche diesem ersten folgen sollen. Dass ich dieses indessen unterliess, findet in Folgendem seine Motivirung.

Ich beobachtete nämlich bei Reizung des Halssympathicus ein Undeutlichwerden des Retinalbildes; die Gefässe erschienen wie in ihrem Laufe plötzlich abgesetzt, und als ob sie in verschiedenen Brennebenen lägen. Trotz häufigen Abwischens füllte sich das Auge sehr rasch wieder mit Thränen. Mit der Schliessung und Oeffnung der Elektroden trat der Augapfel aus der Orbita hervor, und sank wieder in sie zurück. Der begleitende Wechsel in der Krümmung der Cornea manifestirte sich zwar nicht durch eine sichtlich stärkere oder schwächere Convexität derselben, kam aber in Störungen des ophthalmoskopischen Bildes zur Geltung. Denn je intensiver die Galvanisirung war, um so undeutlicher wurde der Augenhintergrund, ohne Zweifel weil bei stärkerer Wölbung der Cornea die von ihr gebrochenen Strahlen nicht auf der Retina vereinigt wurden. Die somit entstehenden Zerstreuungsbilder mussten noch gesteigert werden durch die auf der Cornea sich ansammelnden Thränen. Diese Factoren im Verein mit der beim Entstehen und Vergehen des Exophthalmus wechselnden Weite des Bildes nöthigen den Beobachter mit dem Spiegel (dem kleinen Liebreich) und der Convexlinse hin- und herzurücken, wobei die für die Abschätzung der Bildgrösse so wesentliche Entspannung der Accomodation verloren gehen muss. Schliesslich hebe ich noch hervor, dass mit der wachsenden Brechkraft der Cornea das reale umgekehrte Bild des Augenhintergrundes dem Auge näher gerückt und verkleinert wird. Dass ein Zusammentreffen so vieler Fehlerquellen das Vertrauen zu einer richtigen Abschätzung der beobachteten Veränderungen rauben musste, ist selbstverständlich, und da diese Fehlerquellen sich nicht ausschliessen liessen, so unterblieb eine Wiederholung der Sympathicusreizung. Die nach Exstirpation des Ganglions auftretende Erweiterung der Arterien zog dagegen folgende Versuche nach sich:

Es wurde ein ½'' langes Stück des Grenzstranges zwischen Ganglion cerviciale supr. und med. exstirpirt (Vrs. 10). Vorfall der Nickhaut, Zurücksinken des Bulbus in die Orbita, und Verkleinerung der Pupille treten als Folgeerscheinungen auf. Bei ophthalmoskopischer Beobachtung erscheinen die Zweige

der arteria centralis retinae dilatirt. Nach 24 Stunden ist die Pupille auf beiden Augen gleich weit; auch die übrigen Folgen der Nervendurchschneidung sind geschwunden [1]), selbst die Temperaturerhöhung des Ohres der operirten Seite; doch die Dilatation der Retinalarterien persistirt.

Bei einem andern ähnlichen Versuche, bei dem das Ganglion cervicale supr. exstirpirt worden war, traten zwar die gleichen Erscheinungen, doch nicht als ephemere, sondern als dauernde, Wochen hindurch zu beobachtende, ein (Vrs. 14).

Die auffallende Erscheinung des Zurücktretens aller nach Sympathicusdurchschneidung beobachteten Symptome kann wohl nur in dem Sinne gedeutet werden, dass die dadurch erzeugte Dilatation der Gefässlumina im Binnenstrom eine nur partielle war, da bekanntlich ein Theil der Irissympathicusfasern erst aus dem Ganglion cervicale supr. entspringt, und dass die intravasculäre Drucksteigerung sich im Laufe von 24 St. mit Hülfe der compensatorischen Einrichtungen im Auge durch eine entsprechende Verengerung der Irisgefässe ausgeglichen habe. Das Zurücktreten der Nickhaut und der Ausgleich der Temperaturdifferenz der Ohren bleibt aber jedenfalls unerklärt.

Nach halbseitiger Durchschneidung des Rückenmarks zwischen dem 3. und 4. Brustwirbel hat Salkowsky gleichfalls eine nur vorübergehende Injection, resp. Temperatursteigerung des Ohrs beobachtet. Zeitschrift für rat. Med. Bd. 29. S. 182. Vers. 16 u. 17. 1867.

Wiewohl die nach Reizung sowohl, als nach Durchschneidung des sympathischen Halsstranges beobachteten Veränderungen den dem Nerven vindicirten vasomotorischen Kräften entsprochen hatten [2]), erschien es mir doch wünschenswerth

1) Budge l. c. 105, 125, 26, 29, wie Petit sahen nach Durchschneidung des Halssympathicus die enger gewordene Pupille nach einiger Zeit sich erweitern.

2) Dmitrowsky's Untersuchungen in seiner Dissertationsschrift: **О вліяніи шейнаго ствола симпат. нерва на кровообращеніе въ сосудистой**

auch auf anderen, vor Täuschungen besser gesicherten, Wegen nach Bestätigung meiner Ansicht zu suchen. Denn auch der Gedanke mikrometrisch den wechselnden Durchmesser der Gefässe nach Schneller's [1]) Beispiel festzustellen und dadurch meinen ophthalmoskopischen Beobachtungen einen exacteren Charakter zu verleihen, musste aufgegeben werden, da Memorsky schlagend erwiesen hatte, dass der Gedanke einer solchen Messung theoretisch zwar völlig berechtigt ist, die praktischen Resultate Schneller's indessen, wie alle Messungsversuche der Retinalgefässe, an bisher unüberwundenen Schwierigkeiten gescheitert seien.

Ein anderer Weg, der brauchbarere Resultate verhiess, war folgender: bei künstlicher Mydriase oder Myose sollten die begleitenden Schwankungen im intraoculären resp. intravasculären Drucke manometrisch gemessen werden. Zur Aenderung der Pupillenweite dienten das Atropin und das Calabarextract. Um ihre die Triebkraft des Herzens alterirende Wirkung nicht zur Geltung gelangen zu lassen, wurden sie local auf die Cornea oder den Conjunctivalsack applicirt, und um bei möglichst ungeschwächter Herzaction die Versuche ausführen zu können, wurden die genannten Mittel 15—20 Minuten vor der Curarisirung des betreffenden Thieres in das unversehrte Auge instillirt.

Beim ersten Versuchthier sah ich nun (Vrs. 13) nach Einführung des Manometers in die vordere Kammer des mydriatischen Auges, dass das Quecksilber auf 13 Mm. Scalenhöhe stehen blieb, während es sonst im Mittel auf 15 Mm. angestiegen

исѣтчатой оболочкахъ. Санктпетербургъ 1863, liefern gleichfalls für mich sprechende Beobachtungen, wenn er bei Reizung des Halsstranges das Blut nur spärlich aus den nach ihrem Durchtritt durch die Sclera durchschnittenen Vasa vorticosa strömen sah. Diese Verringerung des Ausflusses entsprach der Dauer des Reizes; zu einem völligen Versiegen desselben kam es jedoch nicht. Wird nun der Halsstrang durchschnitten, so strömt das Blut in reichlichem Strahle mit rosenrother Färbung wieder aus den Wirbelvenen hervor.

1) Arch. f. Ophthalm. Bd. III. Abth. 2. S. 121.

2) l. c. S. 86—96.

war. Da hier indessen eine Vergleichung des intraoculären Druckes auf beiden Augen nicht glückte, so wurde der Versuch an einem anderen Thiere wiederholt und gleichfalls für das atropinisirte Auge 13 Mm. Quecksilberhöhe gemessen (Vrs. 15). Ein bald darauf erfolgtes Sinken um 3 Mm. lässt sich entweder auf eine, auch nach Eröffnung der Kammer unter dem Einflusse des Atropin's noch fortschreitende Verengerung der Gefässe beziehen; mit mehr Wahrscheinlichkeit jedoch wird dieselbe von einer Entspannnng der glatten Orbitalmuskeln oder von der gesunkenen Herzaction abhängig gemacht werden müssen. Der Druck im normalen Auge betrug 16 Mm., sank gleichfalls nach Eintritt der Mydriase auf 13 Mm. Bei darauf versuchter Calabarapplication glückte es weder die Pupille zu verengern, noch den Quecksilberstand im Schenkel des Manometers zu ändern.

Ein dritter in gleicher Richtung angestellter Versuch (Vrs. 16) ist der vollständigste, und ergab uns den besten Einblick in diese Beziehungen zwischen intravasculärem Druck und Irisbewegungen: Im atropinisirten Auge betrug der Druck, wie in den vorhergehenden Versuchen 13 Mm. Höhe, sank nach einiger Zeit auf 10 Mm. und verharrte auf diesem Stande. (Schwächung der Herzaction als Ursache des Sinkens wurde in diesem Falle durch directe Beobachtung ausgeschlossen.) Nach Instillation von Calabarextract stieg der Druck wieder um 3 Mm., während die Pupille kaum merklich verengert erschien.

Im nicht atropinisirten Auge betrug der Druck 15 Mm. und sank entsprechend der durch Atropineinträufelung erzeugten Mydriase allmählig auf 10 Mm. Es wurde nun Calabarextract in dasselbe Auge gebracht. Erst nach einer halben Stunde trat ein Steigen des Quecksilbers um 1 Mm. und eine unbedeutende Myose ein, während ein späteres Ansteigen des Quecksilbers bis auf 17 Mm. von keiner entsprechenden Pupillenveränderung begleitet wird, und erst im Laufe mehrerer Stunden, durch die

hindurch der Versuch fortgesetzt wurde, eine sehr allmählig fortschreitende Myose sich einstellte.

Geht man bei diesen Versuchen von der Voraussetzung aus, dass die Beziehungen zwischen Gefässverengerung und Pupillardilatation, welche, soweit sie die Irisgefässe betreffen, an Katzen und Kaninchen unmittelbar zur Beobachtung gelangen, bei Anwendung von Atropin und Calabar auf das ganze intrabulbäre Stromgebiet sich erstrecken, so muss bei Erweiterung der Pupille ein Sinken des Druckes und bei Anwendung des Calabarextracts das Gegentheil erwartet werden. Diese Voraussetzung bestätigt sich durch die Versuche Frasers[1]) und Meuriots[2]), die ein solches Verhalten der kleinen Gefässe beobachtet zu haben behaupten. Auch ich habe nach Anwendung von Atropin im Versuche 11, wo, um den Unterschied zwischen den Retinalgefässen beider Augen hervortreten zu lassen, der Sympathicus des nicht mydriatischen Auges durchschnitten war, ein gleiches Resultat erzielt.

Bei dem Sinken des Druckes nach Atropininstillation, welches auch schon Adamück[3]) und Wegner[4]) beobachtet haben, ist ein gewisser Parallelismus zwischen ihm und der Pupillendilatation in den bisher mitgetheilten Versuchen nicht zu leugnen; für das Calabarextract galt dieses aber durchaus nicht in dem Grade. Die jetzt näher zu besprechenden Fälle weisen dagegen entgegengesetzte Resultate auf.

In zwei Versuchen mit dem Calabarextract erzielte ich bei localer Application desselben regelmässig eine Drucksteigerung bei entsprechender Myose; beim ersten Versuche (Vrs. 17) stieg das Quecksilber auf 16 Mm., um nach Anwendung von Atropin auf 10 Mm. herabzusinken, beim zweiten (Vrs. 22)

1) Transactions of the r. soc. of Edinburg, Bd. XXIV, aus Stellwag l. c. S. 59 citirt.

2) Centralbl. 1868. S. 378. Gaz. hebd. 1868. Nr. 12, 15, 16.

3) Centralbl. 1866. S. 564.

4) l. c. S. 17.

erreichte das Quecksilber die Höhe von 18 Mm. und fiel darauf bei Instillation von Atropin auf 13 Mm., während die Druckhöhe in dem nicht myotischen Auge in beiden Fällen 14 Mm. Quecksilber betrug. Die zuerst durch Calabarextract myotisch gewordenen Pupillen erweiterten sich nach der Atropinisirung allerdings ein wenig, doch entspricht dieser Dilatation nur ein Sinken um 1 Mm. Quecksilber; das spätere Fallen war dagegen nicht von entsprechenden dilatirenden Iristractionen begleitet. Mehrmals sah ich zwar nach Atropininstillation und bei niedrigem Stande des Quecksilbers maximale Dilatation der Pupille auftreten; doch ist sie dann immer nur vorübergehend und statt des erwarteten Sinken's von einem enormen Steigen des Quecksilbers (im Versuche 22 um 10 Mm.) begleitet.

Dieses in der That unerwartete Steigen, welches durch die Annahme einer Contraction der glatten Orbitalmuskelfasern nicht unmittelbar erklärt wird, da nach Reizung des Halssympathicus ein Steigen um nur 2—4 Mm. wahrnehmbar ist, liesse sich vielleicht so deuten, dass, da die Drucksteigerung nach Reizung des Halsstranges Ausdruck zweier concurrirender Momente, der Contraction des M. orbitalis und der spastischen Verengerung der Gefässe ist, die Differenz der Druckhöhe der Action der letzteren zuzuschreiben sei, die im vorliegenden Falle, im calabarisirten Auge, durch die Einträufelung von Atropin nur partiell — für die Irisgefässe — überwunden worden wäre. Die gleichzeitig in diesen Versuchen zur Beobachtung gelangten, geringfügigen Schwankungen im Pupillardurchmesser dagegen, bei denen das Quecksilber in seiner einmal eingenommenen Höhe ohne Schwankungen verharrte, giebt Gewissheit, dass die intraoculären Druckschwankungen im eröffneten Auge, soweit sie im Manometerrohre sich manifestiren, nicht ein unmittelbarer Ausdruck für die Pupillenweite sind.

Wenn allerdings für gewöhnlich der Atropinapplication ein Sinken, und der Calabaranwendung ein Steigen des Druckes im eröffneten Auge folgte, so lässt sich doch auch andererseits

constatiren, dass bedeutende Druckschwankungen ohne entsprechende Aenderung im Pupillardurchmesser, und Aenderungen des letzteren ohne entsprechende oder selbst ohne jegliche Druckschwankung eintreten können. Liesse sich in Bezug auf alle Fälle der ersteren Art vielleicht geltend machen, dass die bezüglichen Beobachtungen am eröffneten Auge gewonnen seien, so ist doch in Fällen der letzteren Art eine Erklärung in der angestrebten Richtung unmöglich. Denn ein regulatorisches Verhalten zwischen Irisgefässen, deren Füllungswechsel für die Weite des Sehloches in erster Linie maassgebend ist, und den Retinalgefässen, kann bei eröffnetem Auge nicht mehr präsumirt werden, und doch würde die bei wechselnder Weite der Irisgefässe und des Pupillardurchmessers beobachtete Stabilität des intraoculären Druckes, im Sinne der unmittelbaren Abhängigkeit beider Erscheinungen nur aus der Annahme eines solchen Antagonismus zwischen verschiedenen Gefässbezirken des Auges verständlich werden.

Bildet nun auch einen wesentlichen, wenn auch nicht den einzigen Factor für die Irisbewegung, die wechselnde Füllung ihrer Gefässe, so müsste auch jede künstliche Vermehrung oder Verminderung der Turgescenz der Irisgefässe von einem entsprechenden Wechsel des Pupillardurchmesser's begleitet sein. Durch Abschnürung der venösen Abfuhr oder arteriellen Zufuhr, durch Injection von Blut oder Entziehung desselben, würden sich diese Bedingungen einführen lassen.

Dass Compression der äusseren Jugularvenen (Vrs. 3) ohne Erfolg bleibt, ist schon oben bei Besprechung der physiologischen Blutdruckschwankungen erwähnt worden. Auch Kussmaul[1]) hat an Katzen, durch Behinderung des venösen Abflusses nie Bewegungen der Iris erzeugt, und bei Kaninchen unter 10 Fällen nur 4 Mal eine äusserst unbedeutende Pupillarverengerung beobachtet. Nach Compression der Carotiden[2])

1) l. c. S. 18. 2) l. c. S. 19, 20.

oder des Truncus anonymus und der linken Subclavia sah Kussmaul unter 19 Fällen 12 Mal zuerst eine rasch vorübergehende Verengerung der Pupille eintreten, der bald eine maximale Erweiterung folgte. Erstere kann nur als Folge von Gehirnreizung durch Abschnürung der Zufuhr sauerstoffreichen Blutes betrachtet werden. Ihr Auftreten ist daher nur transitorisch, während die Dilatation sich langsam entwickelt, und nach Aufhebung der Compression sich ebenso langsam zurückbildet. Ich habe diese Versuche nur ganz gelegentlich und eben daher nicht mit durchaus schlagendem Resultate wiederholt. Die von Kussmaul gewonnenen Ergebnisse konnten einer solchen Bestätigung auch sehr wohl entbehren.

Ich zog es vor durch eine analoge Reihe von Experimenten neue und weitere Gründe zur Kräftigung derselben zu gewinnen. Zu dem Zweck wurde einem Versuchsthiere Blut entzogen, defibrinirt, und einem zweiten Thiere in die Carotis injicirt. Ich gewann dabei, durch Herbeiführung diametral entgegengesetzter Zustände in beiden Thieren, die erwünschteste Controlle für die Gegensetzlichkeit der erzeugten Symptome (Vrs. 21 u. 24). Bei den Versuchsthieren nämlich, denen Blut entzogen wird, tritt eine der entzogenen Blutmasse proportionale, allmählich wachsende Dilatation der Pupillen ein, die auf dem vorher mydriatisirten Auge einen höhern Grad erreicht, als auf dem normalen. Injection von Blut dagegen in die Carotis ruft maximale Verengerung der Pupillen hervor, wie ich sie in solchem Grade selbst nach Anwendung des Calabarextractes niemals beobachtet habe; — in dem vorher atropinisirten Auge tritt dieselbe langsamer ein, und bleibt weniger stark ausgeprägt.

Dass diese Verengerung nur von der Blutinjection abhängig gedacht werden darf, dafür spricht die strotzende Füllung der Irisgefässe, die gewaltige Hyperämie der Sclera und der Nickhaut, desgleichen die Marmorhärte des Bulbus. Durch die Somnolenz der Versuchsthiere nach der Injection, durch das

Fehlen aller Reizerscheinungen und die Unbeweglichkeit und Starrheit der Augäpfel, wird der Verdacht, es könne sich hier um einen durch gesteigerte arterielle Zufuhr zum Gehirn erzeugten Reizzustand des Oculomotorius handeln, unmittelbar ausgeschlossen. Auch die einige Zeit nach der Injection wiederum eintretende Erweiterung der Pupille, und die häufig sehr unregelmässige Form der letzteren, (Vrs. 21) können nur in gleichem Sinne gedeutet werden. Ohne Zweifel kehren einzelne Gefässdistrikte oder Territorien der Iris aus dem Zustande übermässiger Füllung durch Abgabe eines Theils ihres Bluts früher zu ihrem ursprünglichen Lumen zurück, als andere Parthieen desselben Organ's. Wieweit diese Rückkehr zu den frühern Durchmessern durch Contraction der Gefässmuskulatur unter dem Einflusse der Ciliarnerven steht, wie weit sie anderen Verhältnissen gehorcht, lässt sich schwer entscheiden. Dass aber bei Reizung eines Ciliarnerven nur der zugehörige Quadrant der Iris sich contrahirt, spricht jedenfalls für den Einfluss der Ciliarnerven auf gewisse begrenzte Gefässterritorien in der Iris.

Völkers und Hensen[1]) sprechen sich darüber in folgender Weise aus: „Bei Reizung eines Ciliarnerven contrahirt sich der zugehörige Quadrant der Iris lebhaft, während der übrige Theil derselben zurückblieb. In vier Hauptästen laufen die Nerven zur Iris, wo sie die Ciliargefässe begleiten.“ Während beim Versuche 21 das rechte Auge, nach ausgeführter Injection in die rechte Carotis, schon eine maximale Verengerung der Pupille zeigt, beginnt die linke sich erst zu verengern; beim Versuch 24 tritt dagegen auf dem nichtatropinisirten Auge die Verengerung früher und stärker ein, und währt länger als auf dem mydriatischen, welches auf derselben Seite, auf der injicirt wurde, liegt. Wir müssen daher, soweit sich aus diesen vereinzelten Beobachtungen allgemeine Schlüsse ziehen lassen, dem

1) l. c. S. 17.

Atropin eine der Erweiterung der Irisgefässe entgegenwirkende Kraft zuschreiben.

Nach Unterbindung einer Carotis des anämischen sowohl als hyperämischen Versuchsthieres (Vrs. 21), tritt nach einigen Stunden eine bedeutende Dilatation der bezüglichen Pupille ein. Die durch die vorangegangene Blutinjection stark verengerte Pupille ist jetzt sehr bedeutend erweitert, während die zuvor nur geringe Verengerung auf dem andern Auge des hyperämischen Thieres (Vrs. 21) jetzt dagegen sehr ausgeprägt erscheint, wahrscheinlich, weil die abnorm vermehrte Blutmenge nach Unterbindung der Carotis der andern Seite eine stärkere Blutzufuhr zum betreffenden Auge erzeugt.

Reizung des Halsstranges ruft beim anämischen Versuchsthiere (Vrs. 24) Erweiterung der schon stark dilatirten Pupille hervor; Durchschneidung desselben und Reizung des Oculomotorius bleiben dagegen wirkungslos.

Beim hyperämischen Thiere tritt auf dem nicht mydriatischen Auge nach Sympathicusreizung nur ein mittlerer Effect ein, auf dem andern dagegen der volle; nach Durchschneidung desselben ist dagegen umgekehrt auf dem mydriatischen Auge der Effect geringer; nach Sistirung der künstlichen Respiration gleichen sich diese Differenzen aus, und beide Pupillen erscheinen gleich weit dilatirt.

Als Gesammtresultat dieser Beobachtungen, die eine weitere Bürgschaft für die Kussmaul'schen Ergebnisse in sich schliessen, hat sich mir die feste Ueberzeugung gebildet, dass die Bewegungen der Iris direct vom intravasculären Drucke beeinflusst werden, so dass der Steigerung desselben eine Verengerung der Pupille, und dem Sinken des Druckes eine Erweiterung derselben entspricht. Das Eintreten der hochgradigen Verengerung, wie sie sich sonst gar nicht beobachten lässt, schon nach Injection einer verhältnissmässig unbedeutenden Blutmenge, nöthigt dazu dem Blute einen wesentlichen Einfluss auf die Irisbewegung zuzuerkennen.

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass neben diesen Blutinjectionen am lebenden Thiere auch Versuche mit Wassereinspritzungen in die Carotiden todter Thiere angestellt wurden, welche die Spannung des Bulbus zwar sichtlich vermehrten, aber keine Aenderung im Durchmesser der Pupille [1]) zur Folge hatten.

Resumiren wir nun die Ergebnisse unserer Untersuchungen, so zeigt sich:

1) dass die Pupillenweite nicht durch eine Steigerung des intraoculären Druckes bedingt ist, sondern dass
2) die Pupillenweite sowohl, wie der intraoculäre Druck, von der wechselnden Füllung der Gefässe abhängig sind, wenngleich nicht von ihr allein;
3) dass die Annahme dilatirender Muskelfasern eine physiologische Nothwendigkeit ist.

Wie viel indessen von der Retraktion oder Relaxation der Iris im einzelnen Falle auf den Einfluss muskulärer oder vasculärer Kräfte zu beziehen ist, muss für's Erste auf sich beruhen, und fernerer Untersuchung zur Entscheidung überlassen bleiben.

---

1) Gaddi sah Erweiterung (?) der Pupille bei seinen Wasserinjectionen am Cadaver eintreten. Annales d'oculistique 1849. S. 164.

II.

Die Innervationsbahnen für die Iris.

Indem ich bemüht war die Beziehungen zwischen Irisbewegung und intravasculärem Drucke kennen zu lernen, führten die zu solchem Zwecke angestellten Versuche auch zu Fragen, die allerdings nicht im strengen Sinne zu dieser Aufgabe gehörten, jedoch ihrem Wesen nach doch zu ihr hinzugezogen werden dürfen. Namentlich gilt dies von der Frage nach dem Sitze der Innervationscentra für die beobachteten Bewegungsphänomene. Die zum Theil schon im Vorhergehenden zerstreuten Versuchsergebnisse der Nervenreizung will ich daher in gedrängter Kürze hier zusammenstellen.

Reizung des Abducens (Vrs. 6) wie des Trochlearis (Vrs. 1) bleibt ohne Wirkung auf die Pupillarweite. Reizung des Oculomotorius verengert die Pupille (Vrs. 1); beim mydriatischen (Vrs. 2) und anämisch (Vrs. 24) gemachten Thiere dagegen bleibt dieselbe ohne Effect. Reizung des Sympathicus (Vrs. 1, 2, 6) erweitert die Pupille und verkürzt die glatten Muskelfasern der Orbita und der Augengefässe; Durchschneidung desselben (Vrs. 10, 11, 12, 14, 24) verengert die Pupille und erweitert die intrabulbären Gefässe: vorübergehend wurde die Pupillen-Veränderung beobachtet in dem Falle, wo der Sympathicus unter dem Ganglion cervicale supr. (Vrs. 10) excidirt war, andauernd jedoch nach Exstirpation des Ganglions (Vrs. 14).

Reizung des Trigeminus beiderseits (Vrs. 6) im sagittal durchsägten Schädel oberhalb des Ganglion Gasseri bleibt wirkungslos; Durchschneidung desselben (Vrs. 23) bei geschlossener Schädelkapsel, womit eine gewaltige Blutung verknüpft war, erweiterte die Pupille des einen Auges (der Oculomotorius war gleichzeitig durchschnitten worden), während die Pupille im anderen zuvor mydriatisirten Auge keine Veränderung zeigte.

Die Reaction der Pupille auf Wechsel in der Beleuchtung wurde sowohl bei der Calabarmyose (Vrs. 14) beobachtet, als auch nach darauf folgender Sympathicusdurchschneidung; desgleichen bei Application von Muscarin (Vrs. 20) und Ergotin (Vrs. 19); nur nach der Instillation von Atropin und bei der Myose durch Blutinjection (Vrs. 21) trat dieselbe nicht auf. Träufelte ich dagegen einige Tropfen des Calabarextractes (Vrs. 16) in's mydriatische Auge, so begann die Pupille wieder gegen Licht zu reagiren.

Den Einfluss zu prüfen, welchen jeder einzelne Nerv als solcher, nach Ausschluss aller übrigen, auf die Pupillenweite besitzt, ist beim jetzigen Stande unseres Wissens wohl nicht ausführbar. Denn, besitzen wir auch im Curare und Atropin die Mittel den Oculomotorius in seiner Wirksamkeit allseitig zu lähmen, so bleibt doch der Trigeminus übrig, dessen Durchschneidung innerhalb der Schädelhöhle des lebenden Thieres einen so gewaltigen operativen Eingriff erfordert, dass dadurch die physiologischen Bedingungen des Kreislaufes und Blutdruckes, und mit ihnen die Basis des bezüglichen Experimentes alterirt werden. Diess geschieht auch durch die wechselnde Depression oder Irritation des Gehirn's und durch die febrilen Reactionserscheinungen.

Hierzu kommt, dass mit dem Ramus ophthalmicus auch die an seinem medialen Rande verlaufenden Fasern des Irissympathicus durchschnitten werden, so dass die Ausführung strenger und reinlicher Versuche hierdurch zur Unmöglichkeit wird.

Auch elektrische Reizung der Trigeminusursprünge bei

erhaltener Schädelkapsel ist vorgenommen worden. Grünhagen[1]) z. B. schlug eine lange Nadel zwischen Occiput und Atlas in der Mittellinie des Körpers in's verlängerte Mark, und eine zweite durch das Hinterhauptbein dicht neben der Mittellinie in der Höhe eines dort befindlichen kleinen Höckers ein, umschloss beide mit einer elektrischen Pincette, die durch Drähte mit einem Schlittenapparat in Verbindung gesetzt war, und reizte dann. Dass hierbei Erregung des in der Medulla oblongata gelegenen vasomotorischen Centrums, der ebendaselbst entspringenden und zum Irissympathicus ziehenden Fasern, wie auch der Ursprünge vieler Gehirnnerven unvermeidlich blieb, liegt auf der Hand, und die von Grünhagen auf diesem Wege gewonnenen Resultate entziehen sich so sehr einer exakten Controlle, dass ich die Wiederholung solcher Versuche für ganz nutzlos hielt.

Das Ergebniss von Grünhagen's Untersuchung culminirt nun aber in der Lehre, dass der Trigeminus „activ gefässdilatirende" und gleichzeitig die „Elasticität des nichtmuskulösen Irisgewebes verringernde" Fasern führe, die sich in einem gewissen Antagonismus zu dem Sympathicus befänden, und dass Reizung des Trigeminus somit die Pupille verengere. Ausser diesen eigenthümlichen Elementen schreibt Grünhagen diesem Nerven noch sekretorische Fasern zu, deren Thätigkeit durch Vermehrung der flüssigen Binnenmedien die beobachtete colossale Drucksteigerung erzeuge.

Supponirt man nun im Interesse Grünhagen's der „activ gefässdilatirenden" Kraft den eher zu rechtfertigenden Gedanken einer Hemmungswirkung auf gewisse gangliöse, in den Gefässwandungen gelegene, und den Tonus der letzteren regulirende Centra, und ist ein solches Verhältniss in der That schon angedeutet durch den „Antagonismus zwischen Trigeminus und

1) Archiv für Ophthalm. Bd. XIV, Abth. 3, S. 219 und Bd. XV, Abth. 1, S. 265.

Sympathicus", so ist uns doch eine folgerichtige Ausführung dieses Gedankens nirgends entgegengetreten. Wenn aber die Elasticitätsverringerung eines Bindegewebsstromas unter dem Einfluss von Nerven ohne Analogie in anderen Körpertheilen ist, so macht ausserdem schon Stellwag (l. c. S. 71) darauf aufmerksam, dass die Annahme einer gleichartig wirkenden Nervenkraft nicht hinreiche, um die Bewegung der Iris zu erklären.

„Die Hauptfaserzüge laufen nämlich in der vorderen Schicht der Regenbogenhaut concentrisch, in den hinteren radiär (Merkel[1]), stehen sich in Bezug auf ihre elastischen Kräfte also antagonistisch entgegen, und mussten, um eine Erweiterung (resp. Verengerung) der Pupille zu begründen, in ganz entgegengesetzter Weise innervirt werden."

Lässt sich daher schon der Trigeminus bei diesen Versuchen nicht eliminiren, so ist noch weniger daran zu denken, den Sympathicus auszuschliessen. Denn machen wir auch die vom Rückenmark, dem Centrum cilio-spinale, oder der Medulla oblongata kommenden Nervenzweige durch Durchschneidung des Halsstranges unwirksam, und schliessen wir auch die aus dem Ganglion cervicale supr. entspringenden, zur Iris bestimmten Fasern durch Excision des Ganglions aus, so müssen doch die in dem Ganglion Gasseri entspringenden sympathischen Fasern wirksam bleiben, wofür unter Anderem auch die nach Exstirpation des Ganglion cervicale supr. auftretende geringe Pupillardilatation (Vrs. 14) spricht.

Sind nun Gehirn und Rückenmark unzweifelhaft Centra, von denen Impulse für die Irisbewegung entsandt werden können, und kann bei Katzen das Ganglion ciliare nicht in der gleichen Ausdehnung des Begriffes zu denselben gezählt werden, da es nur dem Stamme des Oculomotorius anliegt, und keine sensible und trophische Wurzel besitzt, so handelt es sich jetzt

1) Zeitschrift f. rat. Med. Bd. 31. S. 136.

darum festzustellen, in wie weit wir berechtigt sind im Auge selbst gangliöse Centra anzunehmen? Dass ein und dasselbe Gift auf glatte Muskelfasern als solche in entgegengesetzter Weise wirke, ist höchst unwahrscheinlich. Die Mydriatica und Myotica entfalten daher ohne Zweifel durch Erregung der resp. Nerven ihre Wirksamkeit im Auge. Denn da nach completer Oculomotoriuslähmung [1]) nie eine so ausgesprochene Dilatation eintritt, wie bei künstlicher Mydriase; da ferner diese letztere nach Exstirpation des Ganglion cervicale supr. bedeutend geringer ausfällt (Vrs. 14) als im unversehrten Auge, so muss das Atropin den Oculomotorius lähmen und gleichzeitig den Sympathicus reizen. [Weber [2]), Biffi [3]), Cramer [4]), Ruiter [5]), Fraser [6]), Meuriot [7]).] In analoger, wenngleich entgegengesetzter Weise erregt das Calabar die Endigungen der genannten Nerven. [Hirschmann u. Rosenthal [8]), Bernstein, Dogiel [9])].

Im Hinblick nun auf meine Versuche an exstirpirten Augen (Vrss. 18, 23), und bei der Wahrscheinlichkeit, dass zwei durchaus verschiedene Nervengruppen auch in entgegengesetzter Weise von dem Mydriaticis und Myoticis beeinflusst werden, kann ich die Annahme nicht abweisen, dass mittelst gangliöser Knoten im Auge selbst die durch die Fasern des Trigiminus geleitete Erregung auf Fasern übertragen wird, welche die Irisbewegungen reguliren.

---

1) Arlt jun. Archiv f. Ophthalm. Bd. XV. Abth. 1. S. 294.

2) l. c. p. 102.

3) Aus Cramer l. c. S. 159.

4) Physiolog. Abhandl. über das Accomodationsvermögen, übersetzt von Dr. Doden. Leer 1855. S. 162.

5) l. c. p. 35.

6) s. Seite 47.

7) s. Seite 47.

8) Archiv f. Anatomie u. Physiologie 1863. S. 309—18.

9) Centralblatt 1866 S. 453.

Für diese Anschauung dürfte auch noch der Umstand sprechen, dass gangliöse Anschwellungen der Ciliarnerven, die plexusähnliche Verschlingungen bilden, in der That in allen Organen des Bulbus nachgewiesen worden sind (Müller, Schweigger-Seydel, Donders, Sämisch und Krause [1]).

---

1) l. c. Stellwag. S. 91.

III.

Beschreibung der hauptsächlichsten von mir an Katzen angestellten Experimente.

Versuch 1.

Sieben Mgr. Curare in einer 1% Lösung werden subcutan am Halse eingespritzt, und, da nach einer halben Stunde die reflectorische Erregbarkeit der Muskeln noch nicht geschwunden ist, weitere 3 Mgr. in die inzwischen blossgelegte Vena jugularis ext. injicirt. Wenige Minuten hierauf verharrt bei galvanischer Reizung des blossgelegten plexus brachialis die betreffende Extremität in völliger Ruhe. Nach Einleitung der künstlichen Respiration wird der Halsstrang des Sympathicus vom Vagus getrennt, mittelst eines Fadens in die Höhe gehoben, und mittelst des du Bois'schen Schlittenappârates tetanisirt. Sofort tritt maximale Erweiterung der Pupille ein, und der Augapfel drängt sich aus der Augenhöhle hervor, obgleich alle vor Ein-Eintritt der Curarisirung beobachteten oscillatorischen Bewegungen des Bulbus fehlen, die Augenmuskeln also ausser Thätigkeit gesetzt sind.

Die Frequenz der Herzschläge, die durch Cardiopunctur auf 200 in der Minute festgestellt worden war, sinkt nach Reizung des Vagus auf 80.

Nach Durchsägung des Schädels in sagittaler Richtung wird die Gehirnhemisphäre einer Seite herausgenommen, und der

in die Höhe gehobene und ringsum durch Luft isolirte Oculomotorius gereizt. Die stark dilatirte Pupille verengert sich bis zu einer mittleren Weite bei gleichzeitiger völliger Bewegungslosigkeit des Bulbus. Reizung der Trochlearis bleibt wirkungslos in Bezug auf den Diameter der Pupille.

Versuch 2.

In die freigelegte Vena jug. ext. werden 4 Mgr. Atropin in einer 1% Lösung injicirt. Zur Controlle dafür, dass das Gift seine Wirkungen schon entfaltet habe, wird der Vagus gereizt und dadurch keine Herabsetzung der Herzaction erzielt. Es ist im Gegentheil die vor der Injection auf 180 in der Minute bestimmte Herzfrequenz auf 210 gestiegen. Bei Reizung des Halssympathicus tritt Dilatation der bereits stark erweiterten Pupillen und Exophthalmus ein.

Reizung des Oculomotorius nach sagittaler Durchsägung des Schädel's bleibt ohne Einfluss auf die Pupillenweite, während im Gegensatze zum Curare sehr ausgeprägte rotatorische Bewegungen des Bulbus erfolgen.

Die von Grünhagen nach Durchsägung des Schädels beobachtete Verengerung der Pupillen haben wir weder hier, noch beim Versuch 1 eintreten sehen.

Directe Reizung der Iris nach Abtragung der Cornea bleibt wirkungslos.

Versuch 3.

Nach Präparation der Halsgefässe und des Sympathicus werden dem Versuchsthiere 20 Mgr. Curare in Lösung subcutan beigebracht, und nach erfolgter Einwirkung des Giftes künstliche Respiration eingeleitet. An Ligaturen, die unter alle 4 Jugularvenen geführt sind, werden dieselben aufgehoben und damit der venöse Abfluss vom Gehirne gehemmt, so dass derselbe nur durch die Venae vertebrales erfolgen konnte. Wird nun der Halsstrang des Sympathicus tetanisirt, so dilatirt sich die trotz Compression aller Jugularvenen unverändert gebliebene

Pupille in der gewöhnlichen Weise, und es macht keinen Unterschied, ob der Blutlauf durch die Venen gehemmt oder freigegeben wird. Die Compression der Carotiden bleibt gleichfalls ohne Einfluss; auch hiernach erweitert die elektrische Reizung des Sympathicus die Pupille ganz wie früher.

Um die Quelle arterieller Zufuhr zum Auge vollständig zu stopfen, wurde der Truncus anonymus und endlich auch der Arcus aortae unterbunden. Die Pupille wurde hierdurch nicht geändert; wurde nunmehr der Sympathicus tetanisirt, so trat die gewöhnliche Dilatation ein, aus welcher bei fortdauernder Compression des Arcus aortae die Pupille nur sehr allmählig und unvollständig zu ihrem früheren Durchmesser zurückkehrte. Wurde dagegen die Ligatur entfernt, so trat eine bedeutende Verengerung der Pupille rasch ein.

Versuch 4.

In die freipräparirte Vena jug. ext. wird Tinctura opii 0,75 Grm. injicirt, der Halssympathicus blosgelegt, und künstliche Respiration eingeleitet. Nach Perforation der Cornea wird der Sympathicus gereizt: die Pupille erweitert sich bis zum Maximum. Auch nach Abtragung der Cornea und völligem Abfluss des Kammerwassers hat Reizung des Sympathicus eine Erweiterung derselben, wenngleich eine nur unbedeutende, zur Folge. Directe Application der Electroden auf die Iris ist wiederum wirkungslos.

Versuch 5.

Bei einer frisch getödteten Katze werden mit der Pravaz-schen Spritze Wasserinjectionen in die vordere Kammer eingeführt, durch welche die Pupille endlich so sehr dilatirt wird, dass schliesslich die Iris völlig aus dem Gesichtsfelde verschwindet. Gleichzeitig mit der Spitze der Pravaz'schen Spritze hatten wir auch das Ansatzrohr des Manometers durch die Cornea in die vordere Kammer geführt, um den mit der Injection

verknüpften Druckzuwachs zu messen. Der vor der ausgeführten Wassereinspritzung auf 15 Mm. Quecksilber gemessene Binnendruck steigt nun mit der Entladung der Spritze auf 60 Mm., um bei Rücksaugung des Wassers in die Spritze proportional zu sinken.

Versuch 6.

Es werden Vagus und Sympathicus und die Vena jug. ext. blosgelegt; in letztere wird Curarelösung injicirt, und die künstliche Respiration eingeleitet. Nachdem alle willkührliche und Reflexerregbarkeit in den Muskeln erloschen ist, wird von der äussersten Peripherie der Cornea her, in schräger Richtung, um jede Berührung und Verletzung der Iris zu vermeiden, das Manometer eingeführt. Während der Einführung des Instrumentes wird das Auge durch eine in den vorderen Scleralrand greifende Pincette fixirt. Nachdem das Manometer durch ein Stativ befestigt, wird der Halsstrang gereizt. So oft auch die Tetanisirung wiederholt wurde, stellte sich jedesmal zuerst eine ergiebige Dilatation der Pupille, und dann erst, nach einem Intervalle von mehreren Secunden, ein Steigen des Quecksilbers um 2—3 Mm. (in einem Falle sogar um 10 Mm.) ein, welches, während die Dilatation der Pupille noch anhält, allmählig auf seinen alten Stand zurücksinkt. Erst nachdem das Quecksilber auf diesen Ruhepunkt zurückgekehrt ist, beginnt die Pupille sich auf ihre frühere Weite zu retrahiren. Während dieses Steigens und Fallens gelangten noch kleinere Schwankungen des Quecksilbers im langen Schenkel des Instrumentes zur Beobachtung. Mit jedem künstlichen Inspirationsstosse stieg die Flüssigkeit um ½ Mm., und sank in den Pausen in entsprechendem Maasse zurück. Ebenso steigerte auch jede leichte Berührung des Thorax mit der Hand das Quecksilber im Manometer.

Ausserdem traten häufig noch geringere oscillatorische Bewegungen des Quecksilbers ein, rasche Wechsel seines

Meniscus, dessen Niveauschwankungen als wechselnde Lichtreflexe zur Erscheinung gelangten.

Die Controlle der Herzaktion zeigte, dass hier ein vom Pulse abhängiges Phänomen vorlag.

Application der Elektroden auf die Cornea bleibt wirkungslos, desgleichen direkte Reizung der Iris. Reizung des Sympathicus nach Abtragung der Cornea erweitert wiederum die Pupille, doch nur unbedeutend. Reizung wie Durchschneidung des Trigeminus nach sagittaler Durchsägung des Schädels ändert den Pupillardurchmesser nicht. Desgleichen wird der letztere durch Reizuug des N. abducens nicht alterirt.

Versuch 7.

Nach Injection von Curarelösung in die Vene, Einleitung künstlicher Respiration, und Einführung des Manometers in die vordere Augenkammer steigt bei Reizung des Sympathicus das Quecksilber um 2—3—4 Mm., um dann noch während der Tetanisirung um 1—2 Mm. zu sinken, und nach Entfernung der Elektroden auf seinen früheren Stand zurückzukehren, während die Pupille weit länger beträchtlich dilatirt bleibt und nur sehr allmählig sich verengert. Auch hier werden, wie im Versuche 6, Puls- und Respirationsschwankungen im Quecksilber des Instruments wahrgenommen, die bei Tetanisirung des Vagus, während deren das Quecksilber um 3 Mm. sinkt, schwächer und zuletzt ganz undeutlich werden.

Nach Sistirung der künstlichen Respiration sinkt das Quecksilber um 7 Mm., um nach Wiederaufnahme derselben allmählig auf seinen früheren Stand zurückzukehren.

Versuch 8.

In die blosgelegte Ven. jug. ext. wurde Curarelösung injicirt, künstliche Respiration eingeleitet, und darauf der Vagus und Sympathicus isolirt. Bei Reizung des letzteren lässt sich bei gleichzeitiger ophthalmoskopischer Betrachtung des

Augenhintergrundes im umgekehrten Bilde mit dem kleinen Liebreich'schen Augenspiegel keine Veränderung der Retinalgefässe wahrnehmen. Das scharf zur Perception gelangte Retinalbild wird mit der Tetanisirung des Nerven undeutlich, die Contouren der Gefässe verschwimmen, während der Bulbus aus der Augenhöhle hervortritt, und eine profuse Thränensecretion die Cornea befeuchtet.

Directe Reizung der Iris nach Abtragung der Cornea bleibt ohne Erfolg, während auch nach Entfernung der Cornea und Linse auf Sympathicusreizung die Iris sich schwach, aber deutlich erweitert.

Versuch 9.

Curarisirung, künstliche Respiration, und Einführung des Manometers in die vordere Kammer des linken Auges, Durchschneidung des Sympathicus derselben Seite.

Nach der Durchschneidung steigt das Quecksilber im Manometer um 4 Mm. und verharrt einige Minuten auf diesem Punkte, um dann wieder um 2 Mm. zu sinken.

Nach Unterbrechung der künstlichen Respiration sinkt das Quecksilber um 10 Mm.

Versuch 10.

Aus dem Halssympathicus linkerseits wird ein ½" langes Stück excidirt, und darauf die Hautwunde vernäht.

Unmittelbar nach der Operation erscheint die linke Pupille verengert, die Nickhaut vorgefallen, und der Bulbus in die Orbita zurückgesunken. Die Temperatur des linken Ohres ist erhöht.

Die bald nach der Durchschneidung vorgenommene ophthalmoskopische Untersuchung des Augenhintergrundes zeigt die Arterien der linken Retina im Verhältniss zu denen der rechten erweitert; in der ersteren haben Venen und Arterien die gleiche Weite gewonnen. Nach 24 Stunden haben sich die

Unterschiede in der Pupillenweite ausgeglichen, desgleichen sind die übrigen Folgen der Sympathicusdurchschneidung — auch die erhöhte Temperatur des linken Ohres — geschwunden; die ophthalmoskopisch ermittelte Dilatation der Arterien persistirte jedoch noch mehrere Tage hindurch, während welcher das Versuchsthier wiederholentlich untersucht wurde.

Versuch 11.

Dem zum Versuch 10 benutzten Thiere werden einige Tropfen einer schwachen Atropinlösung (gr. I auf ℥j) in's gesunde rechte Auge instillirt. Nach eingetretener Mydriase ergiebt die ophthalmoskopische Untersuchung die Retinalgefässe verengert. Die Zahl der radiär aus der Sehnervenpapille austretenden Stämmchen erscheint verringert, weil sie blässer und schmäler geworden sind, und nur bei scharfer Einstellung sichtbar werden. Da auf dem linken Auge in Folge der Sympathicusdurchschneidung die Arterien dilatirt sind, so tritt die Differenz im Durchmesser der arteriellen Gefässe beider Augen um so schärfer hervor. Eine Wiederholung dieser ophthalmoskopischen Untersuchung bestätigte diese Beobachtung auf's Neue.

Versuch 12.

Auf der rechten Seite wird nach vorhergegangener Curarisirung und Einleitung künstlicher Respiration das Ganglion cerv. supr. exstirpirt, auf der linken der Sympathicus isolirt. Auf der rechten Seite erscheinen bald nach der Durchschneidung die Retinalarterien stark erweitert, der Breitenunterschied zwischen ihnen und den Venen hat sich ausgeglichen, und nur die hellere Färbung unterscheidet sie von den letzteren. Wird nun der blosgelegte Halsstrang linkerseits kräftig galvanisirt, so werden die Arterien enger, zu feinen Streifen contrahirt. Die gestrichelte Injection der Sehnervenpapille ist bedeutend geringer ausgeprägt, als auf dem rechten Auge, und der Augenhintergrund verblasst. Gleichzeitig wird der Bulbus aus der Orbita hervorgedrängt, die Cornea stärker gewölbt und von reichlichem Thränensecret befeuchtet, das trotz häufigen Abwischens sich rasch erneuert. Auch hier, wie im Versuche 7 wurde das Bild des Augenhintergrundes undeutlich, die Contouren verschwammen, und die Retinalgefässe erscheinen wie in verschiedenen Ebenen gelagert.

Versuch 13.

Nach Curarisirung und Einleitung künstlicher Respiration werden in's linke Auge einige Tropfen einer starken Atropinlösung (gr. IV auf ℥j) instillirt, und nach Eintritt maximaler Mydriase das Manometer in dasselbe eingeführt. Das Quecksilber, welches bei allen früheren Versuchen, bei denen die Pupillenweite eine mittlere war, bis auf 15 Mm. Höhe stieg, hat sich hier nur bis auf 13 Mm. erhoben, und sinkt noch allmählig um 1½ Mm. Die Messung des intraoculären Drucks auf dem rechten nicht mydriatischen Auge wurde durch unerwartete Zufälligkeiten verhindert.

Versuch 14.

Nach Exstirpation des Ganglion cerv. supr. auf der linken Seite füllt sich das Auge mit Thränen, und drängt sich die Nickhaut aus dem innern Augenwinkel bis über die halbe Cornea hervor; der Bulbus erscheint abgeflacht und ist in die Orbita zurückgesunken. Die Pupille ist stark verengert. Eine fortgesetzte Beobachtung lehrt, dass diese Erscheinungen keine verübergehenden, sondern dauernde sind. Tritt auch 24 Stunden nach der Excision eine Dilatation der Pupille ein, so ist diese doch nur unbedeutend; — die Differenz zwischen diesem und dem anderen Auge wird nicht ausgeglichen.

Während das Atropin in's gesunde Auge instillirt maximale Mydriase erzeugt, entsteht durch dasselbe Mittel auf dem Auge der operirten Seite nur eine mittlere Weite der Pupille.

Versuch 15.

Die Action der äusseren Augenmuskeln wird durch Curarisirung ausgeschlossen, künstliche Respiration eingeleitet, und das Manometer in's linke Auge eingeführt, nachdem einige Minuten zuvor einige Tropfen einer starken Atropinlösung instillirt worden. Die Mydriase ist bei Einführung des Instrumentes nur mässig entwickelt. Die Pupille des rechten Auges erscheint gleichfalls dilatirt, die Differenz im Diameter beider Pupillen ist daher keine beträchtliche. Der Quecksilberstand im Manometer beträgt auf dem mydriatischen Auge nur 13 Mm., und sinkt mit fortschreitender Erweiterung der Pupille auf 10 Mm., um in dieser Höhe zu verharren. Auf dem gesunden Auge beträgt der intraoculäre Druck dagegen 16 Mm., und sinkt gleichfalls um 3 Mm., nachdem die nach Einführung des Ansatzrohres in die vordere Kammer verengerte Pupille durch Atropininstillation mydriatisirt wurde. Eine nachträgliche Application von Calabarextract (alcoholisches Extract, Consistenz 1 : 6) in den Conjunctivalsack und auf die Cornea desselben Auges bleibt wirkungslos, sowohl in Bezug auf die Pupillenweite als auch auf den Quecksilberstand im Manometer.

Versuch 16.

In das linke Auge werden einige Tropfen Atropin (Gr. IV auf ℥j) eingeträufelt. Nach eingetretener Mydriase wird Curare in die äussere Drosselvene injicirt, und nachdem die Reflexerregbarkeit erloschen, das Manometer vom inneren Augenwinkel aus schräg durch die Cornea in die vordere Kammer gestossen. Nachdem der Apparat im Stativ fixirt, stellt sich das Quecksilber nicht, wie im unversehrten Auge gewöhnlich, auf 15 Mm., sondern nur auf 13 Mm., und sinkt nach einigen Minuten bis auf 10 Mm. Nach einer Viertelstunde, während welcher das Quecksilber auf der zuletzt eingenommenen Höhe verharrte, werden 3 Tropfen Calabarextract in's Auge geführt. Nach 20 Minuten beginnt das Quecksilber anzusteigen bis auf

13 Mm., vorübergehend wird es sogar durch die Bewegungen der Nickhaut (nur in diesem Falle wurden dieselben am curarisirten Thiere wahrgenommen) bis auf 15 Mm. getrieben, um mit Nachlass der Ursache wieder auf 13 Mm. herabzusinken. Die Pupille hat sich während dessen verengert, doch nur höchst unbedeutend.

Um den durch Mydriatica oder Myotica nicht alterirten Druck im rechten Auge zu prüfen, wird das Manometer in dasselbe geführt. Nach vollzogenem Durchbruch der Hornhaut verengert sich die Pupille bedeutend. Der hier gemessene intraoculäre Druck beträgt 15 Mm.

Nach Instillation von Atropin und Eintritt der Mydriase sinkt das Quecksilber

in 20 Minuten auf ..... 14 Mm.
in weiteren 20 Min. auf .... 13 „
und nach 5 Min. auf ..... 12 „

Unterdessen hat sich die Pupille stark erweitert, ihr Durchmesser ist nun grösser als im linken Auge vor Einführung des Instrumentes.

Nach weiteren 5 Min. ist das Quecksilber auf 11 Mm.
und „ 10 „ „ „ „ „ 10 „
gesunken. Die Herzfrequenz ist während dieses Nachlassens des intraoculären Druckes dieselbe geblieben; im Mittel 189 in der Minute.

Während dieses Sinkens des intraoculären Druckes stellen sich schwache Zuckungen in den Extremitäten und in den Lidern ein. Um diese Symptome wiedererwachender Reflexerregbarkeit zu eliminiren, wurde eine neue Quantität Curarelösung subcutan injicirt.

Nachdem das Quecksilber elne halbe Stunde hindurch ohne Schwankungen auf 10 Mm. Höhe sich erhalten hatte, und ein ferneres Sinken sich nicht erwarten liess, werden einige Tropfen Calabarextract auf die Cornea applicirt.

Erst nach ¾ Stunden äussert sich die Wirksamkeit der-

selben in einer äusserst schwachen Verengerung der Pupille, und in einer gleichzeitigen Druckzunahme um 1 Mm. Die Herzaction hatte während dieser Zeit ihre frühere Frequenz beibehalten.

Um die während der langen Dauer des Versuchs unbedeckte Cornea feucht zu erhalten und dem unvermeidlichen Wasserverlust durch Verdunstung entgegen zu wirken, wird eine schwache Kochsalzlösung (1 %) in kleinen Intervallen in's Auge geträufelt.

Auf dem linken Auge ist nach Entfernung des Manometers die Myose beträchtlich gewachsen, und gleichzeitig hatte sich die Reaktionsfähigkeit der Pupille gegen Beleuchtungswechsel restituirt.

Auf dem rechten Auge machen sich kleine transitorische Druckschwankungen geltend, während der Pupillendiameter der gleiche bleibt.

Eine halbe Stunde nach der ersteren Steigerung des Druckes um 1 Mm. steigt das Quecksilber um noch 1 Mm., steht also

auf	12 Mm.	— Puls	180
nach 15 Minuten	13 „	— „	180
„ 10 „	15 „	— „	180
„ 1 „	17 „	— „	180

Eine entsprechende Myose ist nicht vorhanden, obgleich eine geringe Verengerung nicht zu übersehen ist. Von der Reaktionsfähigkeit der Pupille gegen Licht, die auf dem rechten Auge deutlich ausgeprägt ist, lässt sich am linken Auge Nichts wahrnehmen.

Mit der im weiteren Verlaufe des Versuchs abnehmenden Energie des Herzens sinkt auch das Quecksilber wieder um 2 - 3 Mm.

Versuch 17.

Nach Curarisirung und Einleitung künstlicher Respiration werden 3 Tropfen Calabarextraktes in das rechte Auge geträufelt, und nach Eintritt der Myose der introculäre Druck manometrisch bestimmt. Er stellte sich auf 18 Mm. Die Herzfrequenz beträgt 155 in der Minute.

Um, wie im Versuche 17, ein Sinken des Druckes bei Dilatation der Pupille zu constatiren, werden einige Tropfen Atropin in's myotisehe Auge instillirt. Erst nach einer Stunde sinkt das Quecksilber um 1 Mm., und zu gleicher Zeit hat sich die Pupille schwach dilatirt. Nun folgen aber rasch auf einander kräftige Iristraktionen, welche die Pupille ad maximum erweitern, statt des erwarteten Sinkens steigt jedoch das Quecksilber sehr bedeutend. Gleichzeitig wird auch Exophthalmus beobachtet.

Mit der wiedereintretenden Verkleinerung der Pupille sinkt auch das Quecksilber auf seinen alten Ruhepunkt zurück, um dann, während der Pupillardurchmesser keinerlei Schwankungen ausser reflektorischen durch Wechsel in der Lichtintensität erzeugten zeigt, allmählig bis auf 10 Mm. herabzusinken.

Nach Entfernung des Manometers wird der Halsstrang betreffenderseits gereizt, worauf eine starke Pupillendilatation erfolgt.

Nun wird auch in das linke, durch Mydriatica oder Myotica in seinem intraoculären Drucke nicht alterirte Auge, das Manometer eingeführt, und der in ihm herrschende Druck auf 14 Mm. Quecksilberhöhe bestimmt.

Versuch 18.

Durch Application von Atropin wird das rechte Auge mydriatisch, durch Calabarextract das linke myotisch gemacht; hierauf Curarisirung und Einleitung künstlicher Respiration.

Bei Reizung des Halsstranges beiderseits tritt auf dem rechten Auge maximale Dilatation ein, die Iris retrahirt sich bis auf einen äusserst schmalen Saum. Die linke myotische Iris retrahirt sich dagegen nur sehr allmählig und stossweise, so dass der Beobachter den Eindruck gewinnt, dass bei jedes-

maliger Application der Elektroden nur ein aliquoter Theil der, der Erweiterung entgegenstehenden, Widerstände überwunden wird. Trotz der nach unterbrochener elektrischer Reizung regelmässig auftretenden Verengerung der erweiterten Pupille, glückte es doch bei fortgesetzter Reizung, den Pupillardurchmesser des linken Auges auf dasselbe Maass der Dilatation, das wir beim rechten Auge beobachtet hatten, zubringen.

Nachdem die künstliche Respiration unterbrochen war, trat Dilatation der Pupillen mit gleicher Intensität, wie zuvor nach Sympathicusreizung auf.

Ja sogar am exstirpirten Bulbus konnte die myotische Pupille durch den elektrischen Strom noch erweitert werden; nach Abhebung der Elektroden verengerte sie sich rasch, um sich bei wiederholter Application aufs Neue zu dilatiren.

Versuch 19.

Es werden einige Tropfen des wässrigen Extrakts von Secale cornutum (Bonjean'sches Extrakt) in's linke Auge geträufelt. Da im Verlaufe einer halben Stunde sich keine Einwirkung auf die Pupille zeigt, so wird die ven. jug. ext. freigelegt und 5 Ccm. derselben Lösung injicirt. 10 Minuten nach der Aufnahme des Giftes liegt das Thier schlaff mit oberflächlicher und verlangsamter Athmung bei kräftiger und beschleunigter Herzaktion da. Die Pupillen haben sich verkleinert, und zwar ist die linke, bei der die locale Application des Secale vorhergegangen war, stärker verengert als die rechte. Es schreitet die Myose langsam aber stetig fort, erreicht jedoch nicht den Grad der nach Calabarapplication beobachteten Verengerung. Auch hier besteht die reflektorische Erregbarkeit der Iris durch wechselnde Lichtintensität fort; Reizung des Halssympathicus ergiebt beiderseits eine starke Dilatation der Pupille, die örtliche Reizung der Cornea mit dem Strom (die Elektroden werden bald im horizontalen, bald im verticalen Durchmesser auf der Coruea angesetzt) führt gleichfalls zu

einer Erweiterung der Pupille, die nach Abhebung der Leitungsdrähte bald ihren alten Durchmesser erreicht.

Versuch 20.

In das linke Auge werden 2—3 Tropfen eines durch die Güte des Herrn Prof. Schmiedeberg erhaltenen alcoholischen Extractes des Muscarins eingeträufelt, in der Hoffnung hierdurch rascher und energischer Myose zu erzeugen, da Calabar und Atropin zum Zwecke manometrischer Bestimmungen den Pupillarwechsel zu langsam hervorbrachten. Währte es jedoch beim Secale schon über eine halbe Stunde, so trat hier erst nach einer vollen Stunde Myose ein und nicht einmal eine so stark ausgeprägte, wie nach dem Calabarextrakt.

Die reflektorische Erregbarkeit der Pupille durch Wechsel in der Lichtintensität blieb hier gleichfalls nach eingetretener Myose bestehen.

Versuch 21.

Einem 8 Pfd. schweren Kater wurden aus der linken Carotis etwa 3 Unzen Blut entnommen und durch Quirlen mit einem Glasstabe defibrinirt. Einem zweiten Versuchsthiere wurde gleichfalls in die linke Carotis, und zwar gegen die Peripherie derselben hin, jenes defibrinirte und bis zur Körpertemperatur erwärmte Blut, etwa eine Unze, injicirt. Während dieses geschah, verengerte sich die linke Pupille zu einer linearen, senkrechten Spalte, se dass die gegenüberliegenden Irisränder bis auf einem schmalen Zwischenraum sich fast berührten. Die Gefässe des Irisstroma's erscheinen strotzend gefüllt; während die stärkeren Gefässstämme der Ciliarzone stark gewulstet und geschlängelt über das Niveau der vorderen Irisfläche hervorragen, nimmt die Injection zum Pupillarrande hin einen mehr diffusen Charakter an. Das einzelne Gefäss scheidet sich weniger scharf von den benachbarten, bis unmittelbar um die Pupille selbst eine zwischen den Fasern

des Sphinkters verlaufende feine und regelmässige Strichelung beobachtet wird.

Die Sclera hat ein bläuliches, stark hyperämisches Ansehen gewonnen, desgleichen die Nickhaut; die gegenüber dem äusseren Augenwinkel die erstere durchbohrenden Venen des Ciliarsystems zeigen eine gewaltige Turgescenz, während die Bulbi aus der Orbita prominiren und die Härte derselben marmorähnlich wird.

Auf dem rechten Auge ist dagegen der Pupillardurchmesser der gleiche geblieben und die Gefässe des Irisstroma's erscheinen nicht turgescirt, während Sclera und Nickhaut das gleiche Ansehen darbieten. Bei einer zweiten Injection derselben Blutmenge, so dass im Ganzen etwa 2 Unzen Blut beigebracht waren, entwickelten sich die soeben geschilderten Symptoma noch weiter, und zugleich verengerte sich nun auch die bisher unverändert gebliebene Pupille des rechten Auges in mässigem Grade.

Während dieses ganzen Injectionsmanövers liegt das Versuchsthier ruhig und bewegungslos mit den Symptomen einer ausgesprochenen Hirndepression; das Auge bleibt starr und völlig bewegungslos. In der Pause zwischen den erwähnten zwei Injectionen, und 10—15 Minuten nach der letzten Injection, beginnen die Pupillen auf eine eigenthümliche Weise sich zu dilatiren. Zuerst verlässt nämlich die laterale Begrenzung des vertical gestellten Pupillarspaltes die senkrechte Richtung und baucht sich nach aussen hin aus, während der mediale Rand in völliger Ruhe verharrt. Erst nach 10 Minuten macht der mediale Begrenzungssaum der Iris gleichfalls eine Excursion und zwar nach innen, wodurch die Pupille eine Herzform und weiterhin allmählig die Kreisform erhält.

An dem ersten zur Gewinnung von Blut benutzten Versuchsthiere wurde die eröffnet gewesene linke Carotis unterbunden, dasselbe geschah auch beim 2ten Thiere. Nach 2 Stunden war an der anämischen Katze die Pupille auf Seiten

der unterbundenen Carotis bedeutend dilatirt. Das gleiche Phänomen gelangte in dem hyperämischen Versuchsthiere erst nach 24 Stunden zur Wahrnehmung, begleitet von einer gleichzeitigen Verengerung der Pupille des anderen Auges.

Versuch 22.

Ein alter Kater wird curarisirt, und darauf künstliche Respiration eingeleitet, nachdem schon 15 Minuten zuvor 2 Tropfen Calabarextract in's rechte Auge eingeträufelt worden waren. Nach Eintritt einer hochgradigen Myose wird der intraoculäre Druck manometrisch auf 18 Mm. bestimmt; darauf werden in dasselbe rechte Auge mehrere Tropfen Atropin geträufelt. Im Verlaufe einer halben Stunde ging die Pupille aus dem Zustande stärkster Myose in eine mittlere Dilatation über, und dem entsprechend sank im Manometer der Druck successive auf 16, 14 und endlich auf 13 Mm. Genau wie im Vers. 17, trat nun plötzlich eine rasche Erweiterung der Pupille ad maximum ein, von Exophthalmus begleitet, nicht aber ein entsprechendes Sinken des Quecksilbers, sondern im Gegentheil ein bedeutendes Steigen bis auf 23 Mm.

Mit der sehr bald wieder eintretenden Verkleinerung des Pupillardurchmessers sinkt auch der intraoculäre Druck allmählig auf 16 bis 14 Mm., steigt darauf abermals vorübergehend auf 19 Mm., ohne dass gleichzeitig irgend welche Veränderung im Pupillardurchmesser wahrzunehmen gewesen wäre, und sinkt schliesslich auf 13 Mm.

Der manometrisch für's linke Auge gemessene Druck betrug 14 Mm.

Nur an diesem Auge gelang es bei Application beider Electroden auf die noch unversehrte Cornea im Abstande des Pupillardurchmessers eine Verkleinerung der Pupille zu erzielen. Auf dem rechten myotischen Auge konnte bei gleicher Art und Weise der Reizung nur eine Erweiterung hervorgebracht werden.

Versuch 23.

Das linke Auge wird mydriatisirt, hierauf Curarisirung und Einleitung künstlicher Respiration. Durch einen sagittalen Schnitt werden die weichen Kopfbedeckungen bis auf's Periost getrennt und bis zum äussern Gehörgang herabpräparirt. Einen halben Zoll vor, und einen viertel Zoll über demselben, wird die knöcherne Schädelkapsel auf beiden Seiten durchbrochen, und ein Scalpell mit nach oben gerichteter Schärfe von vorn und aussen nach hinten und innen, der knöchernen Schädelbasis entlang eingeführt, wobei eine anhaltende und sehr starke Blutung sich einstellte. Nach Vollführung dieser Operation ist auf dem atropinisirten Auge keine Veränderung der Pupille eingetreten, das andere jedoch dilatirt.

Die nachträglich eröffnete Schädelkapsel zeigte zwar den Trigeminus beiderseits nach seinem Austritt aus dem Ganglion Gasseri durchtrennt, gleichzeitig hatten aber auch die Oculomotorii eine Trennung von ihren centralen Ursprüngen erlitten.

Nach Herausnahme der Bulbi wurden die Electroden direct auf die Cornea applicirt. An dem mydriatischen Auge trat eine schwache aber deutliche Erweiterung der Pupille ein; auf dem rechten dagegen eine schwache Verengerung. Bei Unterbrechung des reizenden Stromes restituiren sich die Pupillen zu ihrer früheren Weite, um bei wiederholter Reizung stets das gleiche Spiel zu zeigen.

In beide Augen werden 3 Tropfen Calabarextract geträufelt. Es tritt eine im Verlauf einer halben Stunde anwachsende Verengerung beider Pupillen auf, die auf dem nicht mydriatischen Auge stärker ausgeprägt war.

Versuch 24.

Aus der rechten Carotis wird Blut bis zur Erschöpfung des Thieres entzogen. Die so gewonnenen 3 Unzen werden durch Quirlen mit einem Glasstabe defibrinirt, und durch Versenken in ein Gefäss mit warmem Wasser auf die gewöhnliche

Körpertemperatur erwärmt. Proportional und isochron der Blutentziehung dilatiren sich beide Pupillen, in dem linken zuvor mydriatisirten Auge stärker, als auf dem rechten. Bei Reizung des rechten Halssympathicus tritt ein bedeutender Exophthalmus und Rücktritt der Nickhaut, aber nur eine höchst unbedeutende Pupillendilatation ein. Durchschneidung des Sympathicus bleibt völlig wirkungslos, desgleichen die nach sagittaler Durchsägung des Schädels vorgenommene Reizung des linken Oculomotorius.

Von dem defibrinirten Blute werden einer zweiten Katze in die rechte Carotis 5 Drachmen eingespritzt. Schon ehe die Hälfte davon eingeführt, ist die Pupille des linken Auges maximal verengert, während die mydriatische rechte Pupille (vor der Blutinjection war das rechte Auge atropinisirt worden) von dem Zustande einer stärksten Dilatation auf einen mittleren Durchmesser zurückgeführt wird. Die im Versuch 11 erwähnte Erscheinung der Gefässinjection des Irisstroma's, der Sclera und Nickhaut, und der Exophthalmus, wie die Prallheit der Bulbi sind in gleicher Intensität vorhanden. Nach abermaliger Injection von reichlich 6 Drachmen Blut wird nun auch die rechte Pupille bis auf einen schmalen Spalt verengert. Die allmählig wieder eintretende Erweiterung ist auf dem mydriatischen Auge rascher vor sich gegangen, als auf dem linken.

Reizung der Halssympathici erweitert beide Pupillen, und zwar die linke nur auf einen mittleren, die rechte dagegen auf den grössten Durchmesser. Durchschneidung der Sympathici verengert die Pupillen, und zwar die linke stärker als die rechte. Beim Eintritt des Todes gleicht sich diese Differenz aus, und beide Pupillen erscheinen jetzt in gleicher Weite dilatirt.

THESEN.

1) Die Erweiterung der Pupille beim Glaucom ist nicht von einer Drucksteigerung, sondern von einer Druckminderung abhängig.

2) Die Existenz eines Organs rechtfertigt noch nicht die Annahme einer functionellen Stellung desselben in der Oekonomie des Organismus.

3) Acteneinsicht ist bei Abfassung des Obductionsprotocolls nicht nur nicht nützlich, sondern schädlich.

4) Die Bedeutung der stickstoffhaltigen Nahrung für den physiologischen Organismus ist eine nur untergeordnete.

5) Nur ein missverstandenes Interesse kann den Hygieiniker veranlassen die Anlage von „Volksküchen“ und von ähnlichen Instituten zu befürworten.

6) Die Annahme hemmender Nervenfasern für die gangliösen Centren im Auge erscheint unabweisbar.