

(Aus der Psychiatrischen und Nervenklinik der Universität Jena [Direktor: Professor Dr. H. Berger].)

Gefäß- und Liquorstudien am Hirn des lebenden Hundes.

Von

Walter Jacobi-Jena.

(Nach gemeinsamer Arbeit mit Georg Magnus-Jena.)

Mit 11 Abbildungen im Text.

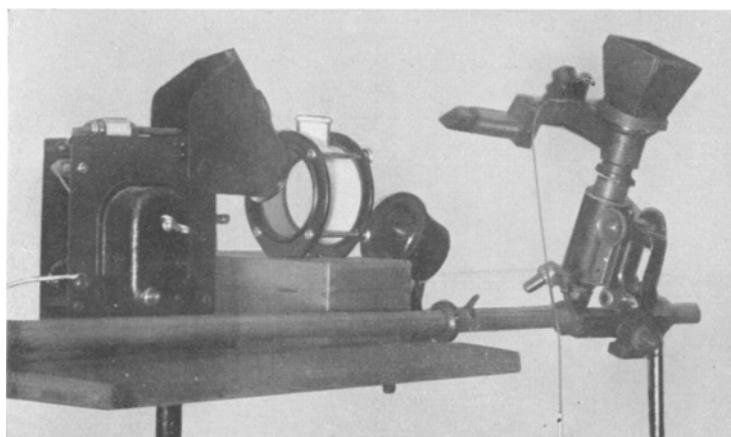
(Eingegangen am 27. November 1924.)

Die Fortschritte, die die Capillarmikroskopie in letzter Zeit am Integument von Mensch und Tier gemacht hat, die Möglichkeit, das Geschene im photographischen Bild festzuhalten, legten die Aufgabe nahe, nunmehr auch die Capillaren an den inneren Organen einer direkten Beobachtung zu unterziehen. *Otfried Müller* weist in seinem bekannten Buch über „Die Capillaren der menschlichen Körperoberfläche in gesunden und kranken Tagen“ darauf hin, daß derartige Untersuchungen dringend geboten seien. Durchforscht man aber die Literatur, findet man, daß seiner Weisung kaum Folge geleistet ist. Ich fand nur eine Arbeit von *Sehrt* (Münch. med. Wochenschr. 65. Jahrg., II. Hälfte, S. 869. 1918), der die Capillarbeobachtung auf das chirurgische Gebiet zu übertragen und Fragen der Lösung näher zu bringen versucht, die dem Chirurgen seit jeher besonders wichtig erschienen sind. Er glaubt, auf Grund seiner Beobachtungen im Tierexperiment im gegebenen Falle sicher sagen zu können, ob eine Darmschlinge lebensfähig ist oder nicht. Auch die Capillaren des Hirns hat er einer direkten Beobachtung unterzogen, seine Ergebnisse allerdings nur ganz kurSORisch in wenigen Zeilen mitgeteilt. Es wird aber der Hoffnung Ausdruck gegeben, daß die Beziehungen zwischen Gehirntätigkeit und Gehirn-capillaren durch die direkte Beobachtung eine neue Beleuchtung erfahren.

Noch bevor ich diese Arbeit kannte, hatten es *Georg Magnus*, Oberarzt der chirurgischen Universitätsklinik Jena, und ich, angeregt durch die Arbeiten *Hans Bergers* über Hirnzirkulation, sich zur Aufgabe gemacht, die pialen Gefäße des Hirns einer direkten Beobachtung am lebenden Tier zu unterziehen und nach Möglichkeit im photographischen Bild festzuhalten. Die Einwände, die gegen die Methode der direkten Inspektion der Gehirnoberfläche gemacht werden, sind ja zur Genüge

bekannt. Sie sind aber, wie wir im Einvernehmen mit *Biedl, Reiner, Trendelenburg*¹⁾ u. a. meinen, nicht so schwerwiegend, wie es zunächst den Anschein haben könnte.

Letzten Endes laufen sie ja sämtlich darauf hinaus, daß durch die Eröffnung des Schädels weitgehend von den physiologischen Verhältnissen abweichende Bedingungen gesetzt würden, die einen Schluß auf die normalen Verhältnisse, bei den Gefäßen z. B. wegen des durch den Eingriff gesetzten abnormen Reizes von den oberflächlichen auf die tiefen *nicht* gestatten. Was die Veränderungen der hydrodynamischen



Verhältnisse, die ja besonders gern ins Feld geführt werden, betrifft, so pflichten wir den bereits namhaft gemachten Autoren vollständig bei, die ausführen, daß die durch diese Veränderungen geschaffenen Bedingungen durchaus nicht prinzipieller, sondern ausschließlich quantitativer Natur sind. „Man erzeugt durch eine Trepanationsöffnung an der Schädelkapsel keine anderen Differenzen, als daß man eine elastische Stelle *mehr* schafft zu den *vielen*, welche schon vorhanden sind“ (*Biedl und Reiner*). Diese elastischen Verschlüsse der Schädelrückgrathöhle ermöglichen es, durch entsprechende Dehnung unter entsprechender Verschiebung der Cerebrospinalflüssigkeit für die physiologischen Volumveränderungen des zentralen Nervensystems Platz zu schaffen. Die Versuche von *Donders*, in denen die Trepanationsöffnungen wieder durch ein Glasfenster luftdicht verschlossen wurden, zeigen zudem, daß

¹⁾ *Biedl, A. und M. Reiner*: Studien über Hirnzirkulation und Hirnödem. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.* **79**, 158. 1900. — *Trendelenburg, Wilhelm*: Methodik der Physiologie des Zentralnervensystems von Wirbeltieren. *Handb. d. biol. Arbeitsmethoden. Abt. V, Teil 5 B., H. 2.* 1923.

die hierbei beobachteten, den Puls- und Atemschwankungen des Hirns entsprechenden Schwankungen in der Weite der pialen Gefäße denen am trepanierten, nicht geschlossenen Schädel durchaus entsprachen. Wir haben so, wenn wir die durch den Eingriff bedingten *quantitativen* Veränderungen der hydrodynamischen Verhältnisse genügend in Rechnung setzen, meines Erachtens durchaus das Recht, uns jener ältesten Methode der direkten Inspektion der Gehirnoberfläche zu Studien über die Hirnzirkulation zu bedienen, selbst wenn wir die im Cranium erzeugte Öffnung nicht wieder, wie es *Donders* getan, durch ein Fenster verschließen.

Wir bedienten uns bei unseren Versuchen des photographischen Okulars nach *Siedentopf* (Phoku), das uns für unsere Zwecke in liebens-

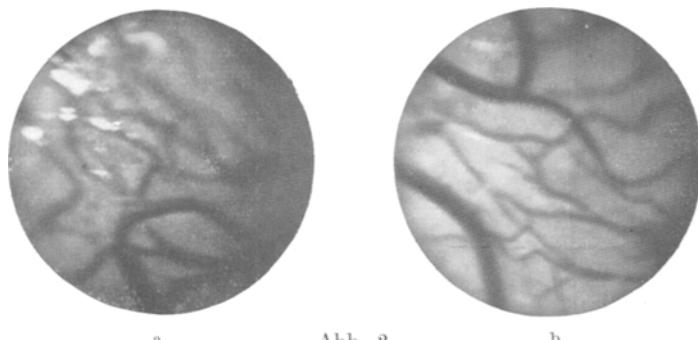


Abb. 2.

würdiger Weise von der Firma *Karl Zeiss*-Jena leihweise zur Verfügung gestellt wurde. Es besteht aus einer photographischen Camera $4\frac{1}{2}$ mal 6 em, die auf den Außentubus des Mikroskops aufgeschraubt wird. Man entfernt Innentubus, Schiebhülse, setzt an ihre Stelle das Phoku und schraubt es durch Drehen eines gerändelten Messingringes fest. Hierdurch wird eine Verlängerung des Instrumentes um 70 mm bedingt, die durch ein in den unteren Teil des Phoku eingebautes, negatives achromatisches System wieder ausgeglichen wird. Für unsere Zwecke gab die Negativlinse *L* mit Lupenvergrößerung die besten Resultate. Da die Entfernung von der Anschraubfläche des Objektivs bis zu der des Phoku aus optischen Gründen 115 mm betragen muß, wir aber mit einem älteren Stativ *A* arbeiteten, schalteten wir, um den optischen Verhältnissen gerecht zu werden, einen Zwischenring von 16 mm ein.

So wird das Bild, daß das Objektiv vom Gegenstand entwirft, genau in die Ebene der photographischen Platte geworfen und dabei etwa fünfmal vergrößert. Die negativen Linsen, die in den unteren, runden Teil des „Phoku“ eingeschraubt sind, verringern gleichzeitig die Wölbung, die bekanntlich den Bildern der Mikroskopobjektive innenwohnt.

Von dem Licht, das durch Objektiv, Tubus, negatives System auf die Platte gelangt, wird ein Teil durch ein rechtwinkliges Prisma in ein wagerechtes Seitenrohr abgelenkt und durch ein anderes Prisma, das im Knie dieses Rohres sitzt, schräg aufwärts verlegt, so daß man bequem während der Aufnahme durch das Okular beobachten kann. Es ist dabei zu beachten, daß das photographische Sehfeld etwas größer als das visuelle ist, und daß das Okular das zu photographierende Bild viermal größer zeigt, als es photographiert wird. Um die Einstellung auf die Mattscheibe, die ja photographische Aufnahmen am lebenden Objekt selbstverständlich illusorisch machen würde, zu vermeiden, sind im vorderen Abschnitt des Okulars ein Linsensystem und eine Strich-

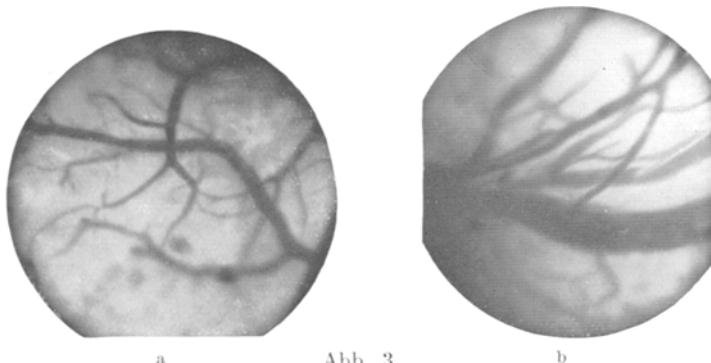


Abb. 3.

platte eingeschaltet, die ein für allemal durch Drehen am Okularringe wie bei einem Feldstecher scharf eingestellt wird. Man hat so die Gewähr, daß das photographische Sehfeld in gleicher Schärfe wie das visuelle erscheint, weil die Plattenebene zur Ebene der Strichplatte optisch konjugiert liegt.

Selbstverständlich bedarf man einer besonders guten Lichtquelle, wenn man am lebenden pulsierenden Gehirn mikrophotographische Aufnahmen zu machen beabsichtigt. Wir arbeiteten, wie das *Siedentopf* zur mikrophotographischen Aufnahme der Capillaren im Fingernagellimbus angibt, mit einer erhöht stehenden Bogenlampe, die auf 5 Ampera abgestimmt und unter Einschaltung eines entsprechenden Widerstandes durch Steckkontakt mit der Deckenbeleuchtung verbunden war. Als wärmefilterndes Milieu diente eine Lösung von Ammonium-Ferrosulfat: $\text{FeSO}_4 \cdot (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6 \text{aq}$, das zu 200 g im Liter destillierten Wasser gelöst war. Da die Lösung auf 1 Liter 5 ccm verdünnte Schwefelsäure enthält, darf sie nicht in gekitteten Küvetten mit Metallwänden aufbewahrt werden. Die neue Zeiss-Porzellanküvette, die mit Gummiringen gedichtet ist, trägt dieser Forderung Rechnung und stellt eine vorzügliche Kühlkammer dar. Allmählich wandelt sich durch Licht-

einflüsse — und damit schwindet die wärmefilternde Kraft — das Ferro in Ferrisalz um, was man daran erkennt, daß die grünliche Lösung einen mehr und mehr zunehmenden gelblichen Farbton erhält. Man kann sich übrigens die betreffende Lösung leicht selbst darstellen, und ich habe, um wirklich die Garantie einer vollständigen Wärmefilterung zu haben, jedesmal vor Beginn einer neuen Untersuchungsreihe die Kühlflüssigkeit erneuert. Tut man das, bedient man sich weiter noch eines

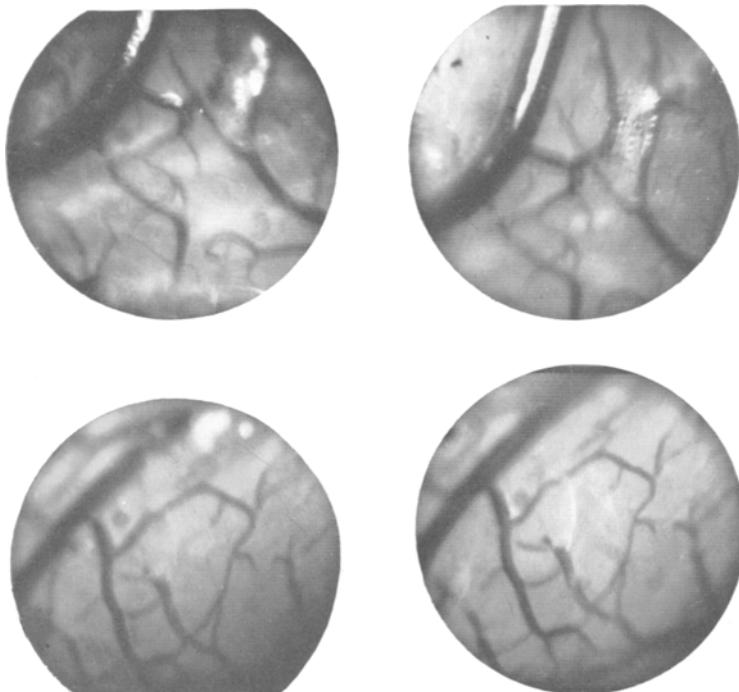


Abb. 4.

Grünglasfilters, über das noch zu sprechen sein wird, hat man die Gewähr, daß die Capillaren nicht erwärmt werden, daß also keine Gefäßerweiterung eintritt.

Die Lichtstrahlen, die durch eine Sammellinse annähernd parallel zu 25° abwärts geneigt die Kühlküvette passiert haben, werden dann durch eine zweite geneigte Sammellinse, der ein Grünglas-Lichtfilter aufgesetzt werden kann, so konvergent gemacht, daß sie den Krater der Bogenlampe 130 mm von der zweiten Linse entfernt abbilden:

Hier hat man also die günstigsten Beleuchtungsverhältnisse, hier muß sich also das Objekt, in unserem Fall die freigelegte Hirnpartie befinden, die beobachtet und photographiert werden soll.

Die Freilegung der weichen Hirnhäute gelingt bei einiger Übung leicht: Mittelst großen Bogenschnittes durchtrennt man Haut, Fascie, Temporalmuskel, löst diesen stumpf vom Knochen, trepaniert und entfernt mit dem Luyr unter Schonung des Sinus longitudinalis und transversus den Knochen in beabsichtigter Ausdehnung. Sodann wird die dünne Dura, den oberen und seitlichen Knochenrändern entsprechend, aufgeschnitten, mit feinen Durahäckchen versehen und vorsichtig umgeklappt. Man hat hierbei sorgsam darauf zu achten, daß die Arachnoidea unverletzt bleibt, damit die Subarachnoidealräume der Beobachtung zugänglich bleiben.

Das Bild, das sich nunmehr bietet: außerordentlich wechselnde Vasoarchitektonik der Pia, die leuchtend rot gefärbten Arterien, die dunkleren Venen, die silberglänzenden Liquorlachen, ist ungemein reizvoll.

Blutungen beeinträchtigen das Arbeiten kaum; solche aus der Spongiosa des Knochens stellt man leicht und schnell mit Wachs.

Die Narkose des Tieres machte uns bei Beginn unserer Versuche einige Schwierigkeiten. Äther- und Chloroformnarkosen waren bei dem Arbeiten mit der stark wärmespendenden Bogenlampe zu vermeiden. Curare ließ infolge Unzuverlässigkeit des Präparates im Stich. Da sich die quartären Ammoniumbasen durch eine mehr oder minder ausgesprochene Curarewirkung auszeichnen sollen, arbeiteten wir mit dem von *Ackermann* empfohlenen Tetramethylammoniumhydroxyd, das uns von der Chemischen Fabrik von *E. Merck* in Darmstadt in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt wurde [(vgl. Literatur¹)]. In diesem Falle kann man, wie ja auch beim Curare selbst, auf die künstliche Atmung nicht verzichten, da die Atmungsmuskulatur zuerst von der Lähmung befallen wird. Die Einlegung der Kanüle in die Trachea und die Einbindung derjenigen für die Jugularvenen muß natürlich in leichter Narkose geschehen. Der Weisung *Ackermanns* folgend, stellten wir eine Lösung von 0,1 g des Chlorides in 100 ccm Ringer her und ließen sie aus einer Bürette mit Schlauch und Quetschhahn in die Venen laufen. Jedem Kubikzentimeter entsprach ein Milligramm; zur Curarisierung genügten etwa 3 mg Tetramethylammoniumhydroxyd pro Kilo Tier. Recht störend empfunden wurde die durch das Mittel gesetzte Anregung der Drüsensekretion, die die Atemwege verlegen kann. Man muß wenn dies eintritt, die Trachea mit einem kleinen Schlauch aussaugen, oder man gibt noch zweckmäßiger bei Beginn des Versuches etwas

¹⁾ *Ackermann, D.*: Kurze Bemerkungen über Curare-Ersatzpräparate. Münch. med. Wochenschr. 1921. Nr. 1, S. 12. — *Reinwein, H.*: Über das Verhalten des Tetramins im Stoffwechsel des Warmblüters. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. 100, H. 3/4. — *Ackermann, D., F. Holtz und H. Reinwein*: Reindarstellung und Konstitutionsermittlung des Tetramins, eines Giftes aus *Actinia equina*. Zeitschr. f. Biol. 79. 1923.

Atropin, das ja in kleinen Dosen eine Gefäßwirkung nicht entfalten soll.

Zweifelsohne kommt man so zum Ziel.

Wegen der bei Beginn des Vorgehens nicht zu umgehenden Narkose und der späteren Darreichung von Atropin, beides Dinge, die von Einfluß auf die Zirkulation des Hirns sein können, sahen wir uns veranlaßt, später andere, einfachere Wege zu gehen.

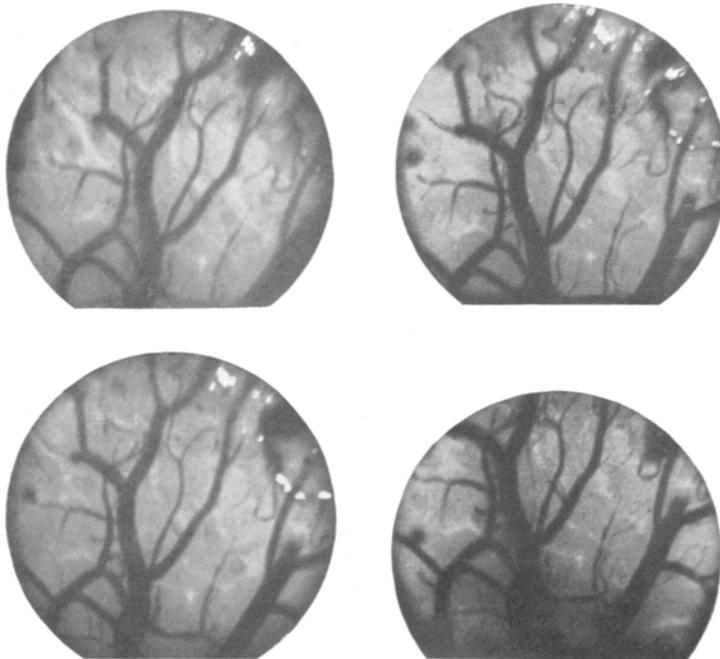


Abb. 5.

Wir ließen das Tier nüchtern und gaben ihm auf dreimal am Tage verteilt 1,5 Veronal und je nach Bedarf in entsprechenden Intervallen 3—5 ccm einer 3 proz. Morphinumlösung subcutan. Man ist hierbei immer wieder überrascht, wie inkonstant und individuell schwankend die schlafbringende Dosis ist, die das Tier operationsfähig macht.

Der so vorbehandelte Hund wird dann auf dem Operationsbrett festgeschnallt und nach entsprechendem Eingriff der mikroskopischen Beobachtung zugänglich gemacht.

Die weitere Versuchsanordnung bedarf noch einiger Ausführungen (vgl. Abb. 1!). Man kann natürlich wegen der Größe des Objektes den Hundeschädel nicht auf den Objektisch des gewöhnlichen Mikroskops bringen: auch Versuche mit dem großen Stativ *IS* für Untersuchungen

mit durchfallendem und auffallendem Licht (Zeiss Druckschrift: Mikro 236) brachten nicht viel weiter. Wir schraubten deshalb den Tisch des Mikroskops ab, durchbohrten unter Schonung der Mikrometer-schraube das Stativ, faßten dieses und befestigten es beweglich *derart* am langen Arm eines Stativs, daß gewisse seitliche horizontale Bewe-gungen möglich waren. Hierdurch sollte erreicht werden, daß man sich bei dem Beobachten und Photographieren der Konvexität des Hirns einigermaßen anpassen konnte.

Am schwierigsten war die Beleuchtungsfrage zu lösen und die zweck-dienlichste Vergrößerung zu finden. Es erwies sich dabei als nutzbringend, Bogenlampe und Porzellanküvette auf einem kleinen, in der Ver-tikalen beweglichen Tisch aufzustellen und die Sammellinse, auf ein Kugelgelenk aufmontiert, am selben Arm wie das Mikroskop beweglich anzubringen. Lupenvergrößerung und Apochromat 16 brachten die besten Bilder. Die hierbei erforderliche Annäherung an das Objekt, das ja ständig infolge der Puls- und Atemschwankungen in Bewegung ist, bringt es mit sich, daß man sich durch das Objektiv die oft mühsam gewonnene Beleuchtung wieder verdunkelt. Hat man aber die Schwie-rigkeiten der Technik glücklich überwunden, ist das Arbeiten mit den neuen Apparaten ungemein reizvoll, und wiewirhoffen, auch ergebnisreich.

Abb. 2 zeigt Venengeflechte an der Grenze von *G. ectosylv. med.* und *post.*¹⁾), Gefäße verschiedensten Kalibers mit leichter Liquortüpfelung entlang ihrem Verlauf (2 a).

Abb. 3a bringt im rechten oberen Teil des Gesichtsfeldes zwei sich tastend verzweigende Arterien, den Gliedern einer Stabheuschrecke nicht unähnlich, zur Darstellung, während eine Vene zweiarmig das Bild überquert. Der Unterschied von Arterien und Venen, der im Mikrophotogramm nicht deutlich zum Ausdruck kommt, ist bei direkter Beobachtung auf Grund der verschiedenen Färbung unschwer erkenn-bar. Zudem ist an den Arterien, wie das schon *Alex. Schulz* u. a. gesehen haben, bis in die feinsten Verzweigungen hinein eine deut-lichepulsatorische Bewegung wahrzunehmen, die an den *Venen* der *Pia* nicht erkennbar ist. Lumenwechsel der Gefäße, Blutbewegung, Geschwindigkeit und Dichtigkeitsverhältnisse der Blutkörperchen können so auf das beste studiert werden. In dichtem Bündel brechen zuweilen die Gefäße aus einem Sulcus hervor, wie das Abb. 3b an der Grenze von *G. ectosylv. med.* und *G. suprasy. post.* zeigt. Ungemein mannigfaltig ist der Wechsel der Vasoarchitektonik, die sich leicht auf ihre Gesetzmäßigkeit studieren läßt.

Abb. 4 unterrichtet über die arterielle Vasoarchitektonik einer umschriebenen Partie des *G. suprasy. post.* Ich habe den Eindruck

¹⁾ Wir bedienen uns der Nomenklatur nach *Langley*.

gewonnen, daß andere Partien, z. B. die Präfrontalregion, bei gleich großem Gesichtsfeld weit mehr Gefäße besitzt als diese Region.

Daß die Volumschwankungen des Hirns beim In- und Exspiration mit wechselnder venöser Gefäßfüllung einhergehen, demonstriert Abb. 5. Es handelt sich um zwei Aufnahmefolgen in der Gegend des vorderen

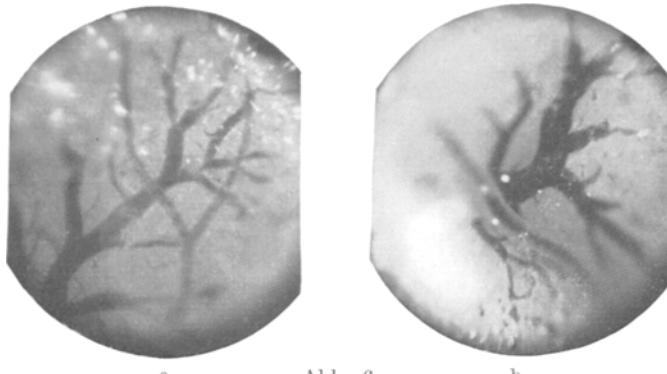


Abb. 6.

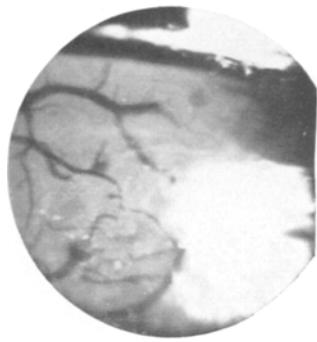
Teiles des G. sylviac. ant., die im zeitlichen Intervall von fünf Minuten stets während der Systole aufgenommen sind. Zur Linken die Gefäßfüllung während der Einatmung, zur Rechten während des Exspiration. Man sieht deutlich bei direkter Beobachtung, aber auch im Mikrophotogramm, wie die Gefäßfüllung in dieser Phase eine viel prallere und in-



Abb. 7.

tensivere ist. Es ist selbstverständlich, daß man im Intervall zwischen zwei Aufnahmen die Mikrometerschraube spielen lassen muß. Die Schärfe der Bilder gibt die Gewähr, daß man exakt vorgegangen ist. Beim ruhig atmenden Tier hat man bequem Zeit, scharf einzustellen und durch eine assistierende Person den Plattenwechsel vornehmen zu lassen. Der Einwand, es könnte durch schwächeres und stärkeres Kopieren eine Volumschwankung im Bilde vorgetäuscht sein, wird da-

durch hinfällig, daß auch eine objektive Messung mit der im Gesichtsfeld gelegenen Strichplatte eine stärkere venöse Gefäßfülle während des Exspiriums objektiv erweist. Die Anschauung, daß die exspiratorische Volumvergrößerung des Hirns vorwiegend zurückzuführen ist auf eine Rückstauung des venösen Blutes in das Hirn, demonstriert sich so deutlich im Bilde.



a



b

Abb. 8.

Sehr eindrucksvoll sind auch die Bilder während der Agone des Tieres. Abb. 6 zeigt Arterien und Venen nach Verlöschen des Carotispulses: Die Venen prall gefüllt, in den Arterien das Bild der körnigen Strömung. Man sieht dann im weiteren Verlauf, wie eine autochthone Tätigkeit der Arterien einsetzt. Hierbei arbeiten Gefäße gleichen Ge-



a



b

Abb. 9.

sichtsfeldes keineswegs gleichartig. Das ganze Spiel macht einen krampfhaft verzweifelten Eindruck: in manchen Arterien jagende Strömung, in anderen Stasen, rückläufige Bewegung wird sichtbar, bis schließlich sämtliche Arterien völlig kontrahiert aus dem Gesichtsfeld schwinden. Die Venen sind zum Platzen gefüllt; flächenhafte und fleckweise Blutungen trüben das Bild. Abb. 6b zeigt bei gleicher Vergrößerung wie 6a einen solchen aufs äußerste gefüllten Venenzweig. So wird auch am

Hirn demonstriert, wie sich in der Agone das Tier in sein eigenes Venensystem hinein verblutet.

Ganz besonders eindrucksvoll demonstriert sich der subarachnoidale Liquor. Abb. 7a zeigt, wie dieser in der sorgsam mit Gefäßen versehenen Präfrontalregion am Wall der Gefäße, an denen entlang sich kleine Liquorpostierungen finden, gleichsam brandet, 7b seitlich von einem Gefäß wolkenartig zwei kleine Liquorlachen.

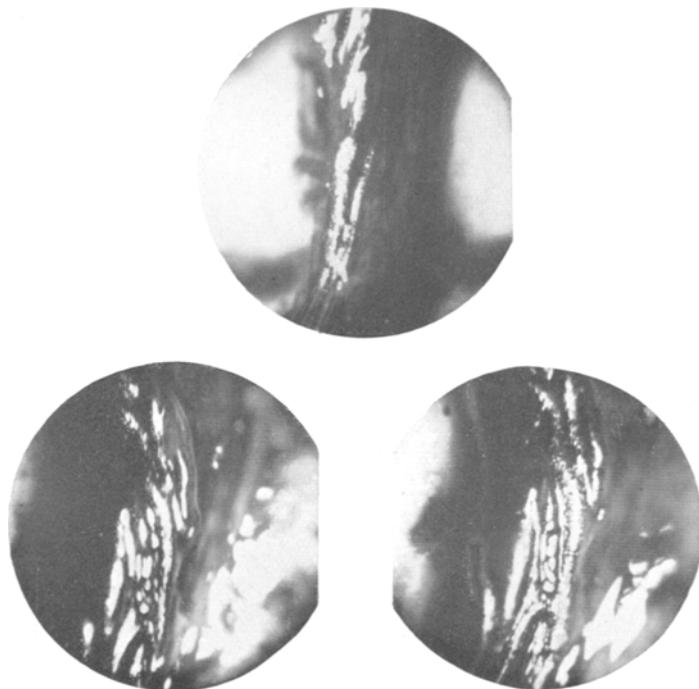


Abb. 10.

Weiter lässt sich mittelst der neuen Methode die Bewegung der Subarachnoidalflüssigkeit in ihrer Abhängigkeit vom In- und Exspirium, von Systole und Diastole des Hirns gut beobachten. Abb. 8 zeigt bei tiefstem Inspirium das wechselvolle Verhalten des Liquors während Diastole und Systole an umschriebener Stelle des Gyrus coronalis. Die stets gleiche Gefäßgrundzeichnung lässt die Ortsbewegung des Hirnwassers genau verfolgen. Man sieht, wie dieses zurück- (Diastole, linkes Bild) und vorwärtsebbt (Systole, rechtes Bild). Man erkennt im Mikrophotogramm, das während der Systole aufgenommen ist, an den zackigen Aussparungen, wie der Liquor gerade im Begriff ist, nach vorwärts zu strömen, während das am Ende der Diastole aufgenommene Bild mehr die wieder zur Ruhe gekommenen Liquorlachen vorführt.

Auch entlang des größeren Gefäßes im oberen Teil des Gesichtsfeldes finden sich solche. Bei beginnendem Exspirium weiten sich diese nach den größeren, in den unteren zwei Dritteln des Gesichtsfeldes gelegenen aus, sie während der Diastole (Abb. 9a) beinahe, während der Systole (9b) dagegen vollständig erreichend.

Auch diese Beobachtungen zeigen, wie langsam die Liquorbewegung im Schädelinneren vor sich geht und geben der Vorstellung Raum, daß

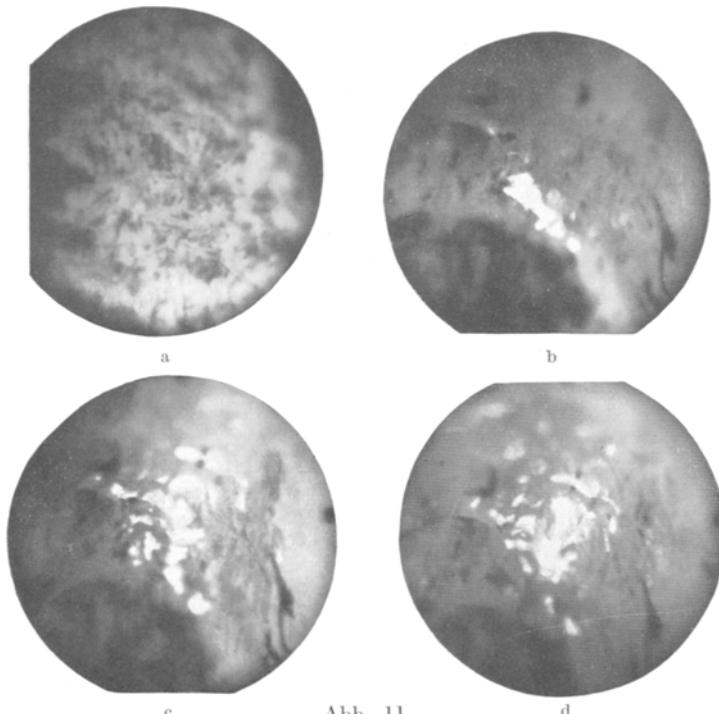


Abb. 11.

jenen dort rein passiv durch das Wechselspiel der systolischen und diastolischen, in- und exspiratorischen Volumenschwankungen des Hirns vor sich geht.

Der weitere Schritt lag nahe, den Plexus an Ort und Stelle aufzusuchen und *in vivo* zu beobachten.

Wir legten in einer ausgedehnten Trepanation unter Schonung des venösen Sinus und unter Vermeidung der Eröffnung der Stirnhöhle die eine Hemisphäre frei, umstachen und unterbanden die Gefäße der Hirnoberfläche in der Nähe der Medianfurche, hebelten mit stumpfen Haken Occipital- und Frontalpol vorsichtig empor und drängten die ganze Hemisphäre seitlich nach außen. Hierauf wurde der freiliegende Balken etwas seitlich von der Mittellinie eingeschnitten, so daß der

Seitenventrikel mit dem Plexus freilag. Abb. 10 zeigt diesen in 3 Bilderserien, so wie er sich in Intervallen von 3 und 5 Minuten vorführte. Man sieht, wie die periadventitiellen Räume, erst wenig gefüllt, mehr und mehr an Inhalt gewinnen und schließlich silberglänzend starke Füllung zeigen. Ob der Reiz des Eingriffes hierfür verantwortlich zu machen ist, bleibe dahingestellt.

Aber auch in der Wand des Seitenventrikels selbst kann man die Liquorproduktion verfolgen. 11a zeigt diese, fein mit Blut beschlagen, das vom Eingriff herröhrt. Man ist ungemein überrascht, wenn man zum ersten Male die feinen silberglänzenden Liquorperlen aus der Tiefe aufglänzen sieht (11b), Tröpfchen, die konfluieren, mehr und mehr in Erscheinung treten (11c) und schließlich nach geraumer Zeit eine regelmäßige Lache bilden (11d). Die Aufnahme der Mikrophotogramme geschah in Zwischenräumen von $2\frac{1}{2}$, 3 und 5 Minuten. Man kann natürlich auch hier einwenden, daß dies Geschehen weitab vom physiologischen liege und durch den Eingriff Reize gesetzt seien. Dies mag zugegeben werden. Uns lag lediglich daran, zu zeigen, daß das Ependym der Seitenventrikel überhaupt befähigt ist, Liquor zu produzieren, und daß man nicht nur in der Lage ist, dies direkt zu beobachten, sondern auch im Mikrophotogramm festzuhalten.