

(Aus der deutschen Universitäts-Augenklinik zu Prag [Vorstand Prof. Dr. A. Elschmig].)

## Zur Chemie des menschlichen Kammerwassers.

Von

Dr. Karl W. Ascher,

I. Assistent der Klinik.

Mit 4 Textabbildungen und 6 Kurven.

### Inhalt.

Einleitung (S. 247).

Eigene Untersuchungen (S. 257).

A. Entnahme des Kammerwassers (S. 257).

B. Chlorbestimmung (S. 260).

C. Ausschaltung anderer Halogene (S. 261).

D. Ergebnisse (S. 263):

1. Kammerwasser von Augen mit normalem vorderen Abschnitt (S. 263).

2. Leichenaugen (Kammerwasser und Glaskörper) (S. 264).

3. Pathologisches Kammerwasser (S. 265).

a) reizlose Augen (S. 265).

b) nicht operierte gereizte Augen (S. 266).

c) Augen mit Funduserkrankungen (S. 267).

d) Glaukomaugen (S. 267).

4. Pathologische Glaskörper (S. 272).

5. Refraktometerwert und NaCl-Gehalt (S. 273).

6. NaCl-Gehalt im Blut und Kammerwasser (S. 278).

7. NaCl im regenerierten Kammerwasser (S. 282).

8. NaCl-Zufuhr (S. 290).

9. Kammerwasser und Liquor (S. 291).

Zusammenfassung (S. 293).

Literatur (S. 295).

Zum Verständnis der Stoffwechselforgänge im Auge müssen wir außer den organischen Bestandteilen, von welchen bisher vorwiegend Eiweiß<sup>1)</sup> und Zucker<sup>2)</sup> studiert worden sind, auch den anorganischen Komponenten unsere Aufmerksamkeit zuwenden, da die gesonderte Untersuchung der organischen oder der anorganischen Bestandteile kein abschließendes Bild von den chemischen Vorgängen in einer Körperflüssigkeit liefern kann. Wir können also weder Kletziński<sup>3)</sup> beistimmen, wenn er das menschliche Kammerwasser vom biochemischen Standpunkte als einer Kochsalzlösung gleichwertig bezeichnet, trotzdem er eine Menge anderer Stoffe, wenn auch in kleineren Mengen, darin gefunden hat, noch können wir von der alleinigen Untersuchung des Eiweißgehaltes des Kammerwassers eine restlose Aufklärung des Augenstoffwechsels erwarten.

Man sollte also beim Studium des Kammerwassers in gleicher Weise den anorganischen wie den organischen Bestandteilen gerecht werden, aber die kleinen Mengen des beim Menschen verfügbaren Materials zwingen uns zu großen Einschränkungen. Ist es doch nicht einmal möglich, den gesamten Mineralbestand des Kammerwassers im einzelnen Falle festzustellen, wodurch wir wenigstens zu verwendbaren Vergleichswerten über dieses Gebiet gelangen könnten.

Die gegenseitigen Beziehungen der Kationen und Anionen des Kammerwassers, welche ja erst in ihrer Gesamtheit das für die betreffende Flüssigkeit charakteristische Ionengleichgewicht bilden, sind noch nicht studiert. Nach übereinstimmenden Angaben scheint der Kochsalzgehalt des Kammerwassers ziemlich hoch zu sein, höher als der des Blutserums; er wurde immer aus dem Chloridgehalt berechnet, unter der Voraussetzung, daß genügend Na-Ionen vorhanden sind, die den gefundenen Cl-Werten entsprechen.

Bestimmungen des Halogengehaltes des menschlichen Kammerwassers, welcher unter gewissen noch zu besprechenden Kautelen als Chlor-, somit als Kochsalzgehalt berechnet werden kann, dürften einerseits an sich von Interesse sein, da seit den nunmehr 60 Jahre zurückliegenden Untersuchungen Jaegers und Kletzinskys<sup>3)</sup> mit ihren recht stark untereinander abweichenden Zahlen keine darauf bezüglichen Veröffentlichungen vorliegen (die Befunde Mestrezats<sup>4)</sup> erschienen in deutschen Referaten, als die vorliegenden Untersuchungen bereits abgeschlossen waren); andererseits beansprucht der Kochsalzgehalt des menschlichen Kammerwassers auch deshalb unsere Aufmerksamkeit, weil seine Feststellung für die aktuelle Frage nach dem Zusammenhange des Augendruckes mit osmotischen Verhältnissen Bedeutung gewinnen kann.

Aus begrifflichen Gründen ist das tierische Kammerwasser viel häufiger untersucht worden und die hierbei gefundenen Zahlen stehen auch in besserer Übereinstimmung miteinander. Von den 40 Jahre zurückliegenden Bestimmungen Cahns<sup>5)</sup> (Kammerwasser-Kochsalzgehalt beim Rinde 0,77%) und den noch älteren Angaben Lohmeyers<sup>6)</sup> (beim Kalbe: 0,69%) weichen Wesselys<sup>7)</sup> Angaben nicht wesentlich ab. Er bestimmte durch Titration gegen chromsaures Kali den Kochsalzgehalt des Kaninchenkammerwassers „mit geringen Schwankungen um 0,7%“. Hiermit stimmen auch die Zahlen von Magitot und Mestrezat<sup>4)</sup> überein, welche im Kammerwasser des Pferdes 0,711% Kochsalz und im menschlichen Kammerwasser mit Mikromethoden ähnliche Werte gefunden haben. Die letzteren Mitteilungen sind wie gesagt in Referaten erschienen, als meine Untersuchungen bereits abgeschlossen waren.

Auf die Befunde Jaegers<sup>3)</sup> möchte ich deswegen näher eingehen,

weil sie vielfach unvollständig zitiert werden und, an schwer zugänglicher Stelle niedergelegt, bisher die einzigen derartigen Bestimmungen im menschlichen Kammerwasser waren.

Jaeger ließ durch Kletzi nsky das Kammerwasser einer Reihe von menschlichen Augen (auch einiger Leichenaugen) untersuchen. Das mit einem später zu besprechenden Instrumente entnommene Kammerwasser wurde (auf 0,00002 g) genau gewogen, auf dünnen Platinschälchen im Luftwasserbade bei 100° C bis zur Erzielung konstanten Gewichtes getrocknet, mit Äther und Alkohol extrahiert, wiederum getrocknet und zur Bestimmung der extrahierbaren Stoffe gewogen, sodann wurde nach Beifügung des Äther-Alkohol-Extraktes der Rückstand verascht, die Asche ausgewässert, der wässrige Auszug eingeeengt, mit Salpetersäure angesäuert, mit Silbernitrat ausgefällt, das Chlorsilber getrocknet und gewogen und die gefundene Chlormenge als Kochsalz berechnet.

Das Überwiegen des Kochsalzes charakterisiert Kletzi nsky mit den Worten: „Wesentlich ist der Humor aqueus vom biochemischen Standpunkte aus nur als eine einfache Lösung von Chlornatrium zu betrachten.“

Auf die übrigen Daten Kletzi nskys braucht hier nicht eingegangen zu werden; ich entnehme seinen Tabellen nur die Angaben über die Herkunft, Menge und den prozentuellen Kochsalzgehalt der untersuchten Kammerwässer.

#### A. Augen lebender Individuen.

	K.-W.-Menge	NaCl %
1. Rechtes und linkes Auge eines gesunden und gut sehenden 22jährigen Individuums . . . . .	0,4390 g	0,4825%
2. Rechtes und linkes Auge eines 63jährigen Mannes, Cataracta senilis . . . . .	0,4975 g	0,4965%
3. Ein Auge eines 75jährigen Mannes, Cataracta senilis . . . . .	0,2318 g	0,3902%
4. Beide Augen einer 54jährigen Frau, Cataracta senilis . . . . .	0,5319 g	0,6954%
5. Ein Auge mit Zentralamaurose bei einer 48jähr. Frau . . . . .	0,2216 g	0,0385%
6. Ein Auge mit entzündlichem Glaukom, erkrankt vor 2 Monaten, erblindet vor 3 Wochen, 50jährige Frau . . . . .	0,1260 g	0,8334%
7. Beide Augen mit Keratitis parenchymatosa eines 12jährigen Knaben . . . . .	0,3216 g	0,8754%
8. Ein Auge mit Keratitis vasculosa eines 8jährigen Knaben . . . . .	0,2623 g	0,7073%
9. Beide Augen mit Keratitis vasculosa eines 9jährigen Knaben . . . . .	0,3255 g	0,8741%
10. Rechtes und linkes Auge eines 32jährigen Mannes mit Chorioiditis, Glaskörperverflüssigung und spontaner Linsenluxation . . . . .	0,6809 g	0,1012%

#### B. Leichenaugen.

11. 4 Augen 4 Stunden nach dem Tode entnommen . . . . .	0,9964 g	0,5318%
12. 4 Augen 10 Stunden nach dem Tode entnommen . . . . .	0,9086 g	0,7897%
13. 10 Augen 12 Stunden nach dem Tode entnommen . . . . .	2,7969 g	0,3653%
14. 5 Augen 24 Stunden nach dem Tode entnommen . . . . .	1,1766 g	0,4913%
15. 4 Augen 36 Stunden nach dem Tode entnommen . . . . .	0,7323 g	0,7959%
16. 10 Augen 48 Stunden nach dem Tode entnommen . . . . .	2,3188 g	0,8249%

Obschon die Ergebnisse Kletzi nskys mit den vielen Dezimalstellen den Eindruck großer Zuverlässigkeit machen, müssen wir uns

heute sagen, daß bei so kleinen Mengen der untersuchten Substanzen und bei so vielen Manipulationen sicherlich eine unübersehbare Menge von Fehlern in den Versuch kommt, welche die scheinbare Genauigkeit der Resultate illusorisch machen. Hier haben wir nun durch die modernen Mikromethoden die Möglichkeit, sicherere Ergebnisse zu bekommen. Daß Kletzinskys Auffassung des Kammerwassers als einer gewöhnlichen Salzlösung uns heute nicht mehr befriedigen kann, wurde schon vorher angedeutet.

Die Kochsalzmengen in den Augen mit annähernd normalem vorderen Abschnitt (1—5) zeigen so große Schwankungen untereinander sowie im Vergleiche mit den für das Tierauge gefundenen Werten (vgl. oben S. 248), daß schon aus diesem Grunde eine Nachuntersuchung erwünscht scheint. Nur im Falle 4 liegt der Kochsalzgehalt im Bereiche der für das Tierauge und neuerdings von Mestrezat<sup>4)</sup> für das Menschenauge angegebenen Werte. Auffallend niedrig ist der Kochsalzgehalt im Falle 5, Zentralamaurose; ein Druckfehler liegt nicht vor, denn auch die Asche des Kammerwassers betrug laut Jaegers Tabelle nur 0,0451% der Gesamtmenge. Die Fälle 6, 7 und 9 zeigen einen Kochsalzgehalt, welcher die sonst mitgeteilten Zahlen auch der Tieraugen überschreitet, wohingegen wieder Fall 10 abnorm niedrige Kochsalzmengen aufweist.

Auch bei den Leichenaugen ist keine Übereinstimmung zu erkennen (gesammelte Kammerwässer mehrerer Augen!), aber alle nach den ersten 24 Stunden post mortem entnommenen Kammerwässer zeigen höhere Werte.

Gegen die neuerdings aus den Refraktometerwerten des menschlichen Kammerwassers gezogenen weitgehenden Schlüsse macht Wessely<sup>1)</sup> unter anderem auch geltend, daß schon die rein physiologischen Schwankungen des Kochsalz- (und Zucker-)Gehaltes des Kammerwassers, Eiweißdifferenzen von mindestens 0,05% vortäuschen können. Also war es auch aus diesem Grunde geboten, den Kochsalzgehalt des menschlichen Kammerwassers näher zu studieren, welcher ja tatsächlich für den Ausschlag des Refraktometers bei normalem Kammerwasser mit mehr als vier Teilstrichen in Betracht kommt, während der minimale Eiweißgehalt des normalen Kammerwassers Ausschläge von bestenfalls Zehntelteilstrichen macht (cf. S. 276).

Aber auch eine Diskussion der Analysenbefunde des Kammerwassers im Vergleiche zu denen des Blutes wird durch die Verschiedenheit des Eiweißmilieus überaus verwickelt, wenn nicht unmöglich.

Höhere Kochsalzkonzentration als im Blutserum findet sich in normalen Sekreten und Exkreten (Tränen, Harn), nach Heidenhain<sup>8)</sup> in der Lymphe, ferner im Ödem von Nierenkranken\*), aber eine Parallele zu den Befunden im Kammerwasser bildet doch nur die Zusammen-

\*) Es sei hier darauf hingewiesen, daß die Refraktometerwerte und besonders die NaCl-Zahlen der von Ida Hoff (16) beschriebenen nephritischen Ödemflüssigkeit denen des normalen Kammerwassers ziemlich nahe liegen, während das Ödem infolge von Myokarditis einen dem Blutserum näherliegenden NaCl-Wert aufwies.

setzung der Rückenmarks- und Gehirnflüssigkeit, welche sowohl im Mineralbestande als auch in den organischen Komponenten dem Kammerwasser überaus ähnlich ist.

Bei der Betrachtung des Unterschiedes zwischen dem Kochsalzgehalt des Kammerwassers und des Blutes müssen wir uns daran erinnern, daß bei Filtrationsversuchen mit Salz-Eiweißlösungen durch tierische Membranen das Filtrat kochsalzreicher sein kann als die ursprüngliche Flüssigkeit<sup>9, 10, 11</sup>), was allerdings auch bestritten wurde<sup>12</sup>).

Ferner könnte man daran denken, daß sich vielleicht im Blute ein Teil des Cl dem Nachweis durch Titration entzieht. Es ist zwar von L. Asher<sup>13</sup>) der Nachweis geführt worden, daß es im Blutserum keine besondere Bindung des NaCl gebe, daß das NaCl vielmehr nur in freier Lösung vorkomme. Diese durch Dialysierversuche bewiesene Behauptung wäre geeignet, den obigen Gedanken zu widerlegen. Indessen gibt uns doch die Tatsache zu denken, daß neuerdings wieder (allerdings nicht unwidersprochen) das Vorhandensein gebundener Chloride im Plasma behauptet wird<sup>14</sup>). Doch bleibt auch bei Berücksichtigung dieser Möglichkeit unter Zugrundelegung von Analysezahlen, welche durch Veraschung gewonnen sind, der Kochsalzgehalt des Blutplasmas hinter dem des Kammerwassers um etwa 0,1% zurück<sup>46</sup>).

An die Erklärung von Weiss<sup>15</sup>), daß der höhere NaCl-Gehalt des Kammerwassers durch Diffusion der viel kochsalzreicheren Tränenflüssigkeit durch die Hornhaut zustande komme, sei hier erinnert.

Befriedigender wäre eine Erklärung, welche gleichzeitig den Verhältnissen im Liquor gerecht wird, für den ja ein dieser Wirkung der Tränen ähnlicher Vorgang nicht in Betracht kommt, während seine Zusammensetzung mit der des Kammerwassers in hohem Grade übereinstimmt.

Bei Annahme der Erklärung Weiss' wäre es doch auffallend, daß trotz des viel höheren Salzgehaltes der Tränen, welcher übrigens noch durch Verdunstung an der Oberfläche des Auges erhöht werden muß, das Kammerwasser mit sehr geringen Schwankungen immer um 0,7% NaCl enthält und der Glaskörper ebenso (cf. Mestrezat, S. 254 dieser Arbeit) und nicht weniger, entsprechend seiner größeren Entfernung von der Hornhautoberfläche. Nach dem Tode, wenn die Diffusion von der Augenoberfläche ungehemmt zur Geltung kommt, scheint tatsächlich der Kochsalzgehalt des Kammerwassers in höherem Grade anzusteigen als der des Glaskörpers.

So fand Wessely<sup>7</sup>) beim toten Kaninchen nach subconjunctivaler Injektion hochkonzentrierter NaCl-Lösungen zwar schon nach einer halben Stunde den Kammerwasser-NaCl-Gehalt deutlich gesteigert (vgl. S. 290), den des Glaskörpers jedoch auch noch nach einer Stunde gleich dem des nicht subconjunctival injizierten Auges. Jaeger und

Kletzinsky<sup>3)</sup> fanden bei menschlichen Leichen im allgemeinen Erhöhung des Salz- und Eiweißgehaltes im Kammerwasser. Michel und Wagner<sup>17)</sup> geben für das Ochsenauge Ansteigen des spezifischen Gewichtes im Kammerwasser nach dem Tode an.

Jedenfalls sind unter normalen Verhältnissen im Kammerwasser (ebenso wie im Liquor) die Cl-Ionen in größerer Konzentration vorhanden als im Blutplasma und im Blutserum. Da trotzdem das Kammerwasser mit dem Blutserum etwa isotonisch ist (vgl. später), dürften andere Kristalloide im Kammerwasser in geringerer Konzentration vorkommen als im Blutserum. Das Verhältnis Na:K, welches nach Hammarsten<sup>18)</sup> (S. 338) im menschlichen Blutplasma, auf Na<sub>2</sub>O:K<sub>2</sub>O berechnet, 10:1 beträgt, nach Hans Aron<sup>19)</sup> in der Lymphe ebenfalls 10:1, gibt Heinrich Gerhartz<sup>20)</sup> für das Kammerwasser (auf NaCl:KCl berechnet) gleich 26,7:1 an\*).

Weiterhin ergibt sich die Frage, wie der Mineralbestand des menschlichen Kammerwassers auf die Zufuhr körpereigener und körperfremder anorganischer Stoffe reagiert, da es ja bekannt ist, daß durch Zufuhr gleichartiger Ionen nicht immer eine Konzentrationsänderung erzielt werden kann. Wohl aber kann durch Zufuhr des antagonistischen Ions das vorhandene Gleichgewicht gestört werden.

Selbstverständlich ist da dem Experimentieren eine Schranke gesetzt, um so mehr als für solche Fragen doch möglichst normale Augen herangezogen werden müßten, was aber nur im beschränktesten Maße durchführbar wäre; Versuche an pathologisch veränderten Augen sind natürlich weniger beweisend. Zur Methodik wäre zu bemerken, daß das Kammerwasser des zu prüfenden Auges entnommen werden muß, bevor irgend ein anderer operativer Eingriff an demselben Auge ausgeführt wurde. Als normaler Vergleichswert steht uns dann entweder der bei anderen halbwegs normalen Augen gefundene Durchschnittswert zur Verfügung oder die Untersuchung des Kammerwassers am zweiten Auge desselben Individuums, wobei natürlich die Annahme der anfänglich vollkommen gleichen chemischen Zusammensetzung beider Kammerwässer nicht bewiesen ist und um so weniger wahrscheinlich ist, je mehr die untersuchten Augen vom Normalen abweichen.

Nicht ohne Interesse wäre auch die Untersuchung des Kammerwassers nach Einführung verschiedener Anionen und Kationen durch Iontophorese. Steigt in diesem Falle die gesamte Ionenmenge im Kammerwasser oder wird durch die Abfuhr anderer Ionen das Gleich-

---

\*) Auch der Glukosegehalt des primären KW ist nach den soeben erschienenen Mitteilungen von Creveld (Biochem. Zeitschr. **123**. 190. 1921) immer etwas niedriger als der des Blutplasmas (bei sorgfältigster Gewinnung des letzteren).

gewicht aufrecht erhalten? Darauf bezügliche Untersuchungen sind bisher noch nicht ausgeführt worden.

Wessely<sup>7)</sup> bestimmte im Kaninchenaugene den Kochsalzgehalt vor und nach subconjunctivaler NaCl-Injektion. Der normale NaCl-Wert des Kammerwassers lag mit geringen Schwankungen um 0,7%; am lebenden Tier hatte interessanterweise subconjunctivale Injektion von 5proz. Kochsalzlösung keine Steigerung des Kochsalzwertes, jedoch jedesmal Druckanstieg zur Folge; erst bei subconjunctivaler Injektion 20proz. Kochsalzlösung stieg der NaCl-Gehalt des Kammerwassers regelmäßig um etwa 0,1%; bei toten Tieren ergaben schon 5proz. Lösungen nach subconjunctivaler Verabreichung Steigerung des Kammerwasserkochsalzgehaltes bis auf 1,3%, wobei die Augen weich wurden und Katarakt auftrat. Das Gleichbleiben des Kochsalzgehaltes beim lebenden Tier nach Injektion 5proz. Lösungen erklärt Römer mit der durch die ins Auge diffundierten Salze hervorgerufenen Wasseranziehung, welche sich auch in Druckvermehrung äußert und das ins Auge diffundierende Salz sehr rasch auf die frühere Konzentration des Kammerwassers verdünnt.

Scalinci (30, S. 227) fand 5 Minuten nach Injektion hypertotonischer Salzlösungen in die Vena femoralis des Hundes (8—10% NaCl) eine bis 15 Minuten aufsteigende, von der 25. Minute wieder rückgängige Steigerung des osmotischen Druckes und des elektrischen Leitvermögens im Kammerwasser.

Kochmann und Römer<sup>21)</sup> haben im Tierversuch 10 Minuten nach subconjunctivaler Einspritzung hochkonzentrierter Kochsalzlösungen den Kochsalzgehalt des Kammerwassers um 0,1% und mehr ansteigen gesehen; das Maximum der NaCl-Vermehrung und der Drucksteigerung fielen nicht zusammen.

Auch für die Frage der Isotonie des Kammerwassers mit dem Glaskörper wäre die genauere Kenntnis des Kochsalzgehaltes beider von Bedeutung.

Während Schneyder<sup>52)</sup> (1855) und Cahn<sup>5)</sup> (1881) durch Aschebestimmungen im Ochsenauge höhere Werte für den Gesamtsalzgehalt des Kammerwassers als für den des Glaskörpers fanden, kamen Michel und Wagner<sup>17)</sup> sowie Lohmeyer durch Asche- bzw. Kochsalzbestimmungen zu dem entgegengesetzten Ergebnis, sie fanden den Glaskörper salzreicher als das Kammerwasser. Die Untersuchungen mit modernen Methoden gaben den erstgenannten Untersuchern insofern recht, als mit den verfeinerten Methoden der Bestimmung des osmotischen Druckes durch die elektrische Leitfähigkeit und die Gefrierpunktniedrigung<sup>22)</sup> van der Hoeve 1912 in Rinderaugen ein geringes Überwiegen der osmotischen Konzentration des Kammerwassers

über die des Glaskörpers feststellen konnte. Das KW. entspreche im Mittel einer 1,006%, der Glaskörper einer 0,9817% Kochsalzlösung in der Ionenkonzentration. Neuerdings hat aber Mestrezat für das Pferdeauge weitgehende chemische Übereinstimmung des Kammerwassers mit der aus dem Glaskörper abzentrifugierten Flüssigkeit gefunden, sodaß man dieses auch für die Frage des physiologischen Pupillarabschlusses interessante Problem noch nicht als gelöst ansehen kann.

Schon Botazzi und Sturchio<sup>23)</sup> und nach ihnen Scalinci<sup>30)</sup> legten der normalen NaCl-Abscheidung ins Auge, welche sie als Sekretion des Ziliarkörpers ansprechen, eine große Bedeutung für die Erhaltung des intraokularen Druckes bei.

Seit Hertel<sup>24, 25)</sup> auf das Absinken des Augendruckes nach intravenöser oder peroraler Einführung hochkonzentrierter Krystalloidlösungen hingewiesen hat, ist die Frage des Zusammenhanges zwischen Augendruck und osmotischen Verhältnissen verschiedentlich angegangen worden. In einer Anzahl von Glaukomblutuntersuchungen konnte Hertel<sup>26)</sup> nachweisen, daß der osmotische Druck des Blutes niedriger war als im Durchschnitt des normalen; bei anderen Glaukomkranken wiederum war dies nicht der Fall.

Wenn wir uns einen Einfluß osmotischer Druckunterschiede auf den Augendruck vorstellen wollen, so können wir uns nur denken, daß erhöhte Konzentration des Blutes oder verminderte Konzentration der Augenflüssigkeit zu Tensionsverminderung, dagegen verminderte Konzentration des Blutes oder erhöhte der Augenflüssigkeit durch Wasseranziehung ins Auge zu Spannungsvermehrung im Auge führt. Gerade bei jenen Glaukomfällen Hertels [Nr. 33, 40, 52 seiner Mitteilung<sup>26)</sup>], die eine verminderte Blutkonzentration vermissen lassen, wäre nach einer erhöhten Konzentration der Augenflüssigkeit zu fahnden.

Ruben<sup>53)</sup> gelang es, im Tierexperiment starke intraokulare Drucksteigerung zu erreichen, indem er das Kammerwasser durch ein gleiches Volum hypertotonischer Lösung ersetzte. Dasselbe bewirkten, wenn auch in geringerem Grade, Einspritzungen kleiner Mengen hypertotonischer Lösungen in den Glaskörper, wobei aber nicht etwa die ins Auge eingeführte Menge an sich zur Drucksteigerung führte, sondern eine langsam zunehmende Drucksteigerung feststellbar war, die Ruben ebenfalls auf osmotische Wasseranziehung bezieht. Geringe und nicht lange dauernde Drucksteigerung war auch durch Infusion hypotonischer Lösungen in die Venen des Kaninchens zu erzielen.

Ich verhehle mir nun durchaus nicht, daß man sich die ganze Angelegenheit so einfach schematisch nicht vorstellen darf. Eine Reihe anderer Momente ist im Spiel und stört das Schema der allseits geschlossenen, mit Salzlösung gefüllten und in einer Salzlösung gleicher

bzw. anderer Konzentration suspendierten Membran. Immerhin ist vom heuristischen Standpunkte die Annahme gestattet, daß *ceteris paribus* ein Druckanstieg zu erwarten ist, wenn der osmotische Druck der Augenflüssigkeiten den des Blutes übersteigt, sei es durch vermehrte Konzentration der Augenflüssigkeit, sei es durch verminderte Konzentration des Blutes. Mag auch manchen Untersuchungen der letzten Jahre die eine oder die andere der eben genannten Bedingungen zugrunde liegen: ihre gegenseitige enge Beziehung sowie die Möglichkeit ihrer gemeinsamen Bedeutung für die Pathogenese des Glaukoms wurde bisher nicht direkt ausgesprochen oder als Grundlage darauf bezüglicher Untersuchungen verwertet.

Es ist nur scheinbar ein Widerspruch, daß einerseits Hypotonie des Blutes (Hertel), andererseits hypertontische subconjunctivale Injektionen [Wessely, l. c., Römer<sup>21</sup>). Verderame<sup>27</sup>)] Drucksteigerung hervorrufen. Denn im letzteren Fall wirkt die hypertontische Flüssigkeit nur insofern, als sie Krystalloide ins Auge diffundieren läßt, dessen Gefäße aber im übrigen wie vorher von isotonischem Blut durchspült werden; erst durch das Eindringen des Salzes in den Bulbus werden die Augenflüssigkeiten hypertontisch gegen das Blutplasma, und daher kommen Wasseranziehung und die Drucksteigerung zustande. Anders natürlich beim toten Tier: da diffundiert, wie Wessely zeigen konnte, subconjunctival injiziertes hochprozentiges NaCl derart ausgiebig ins Auge, daß der NaCl-Gehalt in einer halben Stunde auf 1,3; 1,16; 1,3% (gegenüber 0,7, 0,73, 0,63% am anderen Auge) ansteigen kann. In diesem Falle wird eben nicht mehr aus dem Blute Flüssigkeit zur Verdünnung der hypertontischen Augenflüssigkeit herangezogen.

Die Druckerhöhung beim lebenden Tier konnte Wessely sowohl durch Einlaufenlassen kleinster Mengen hochkonzentrierter Salzlösung aus der Manometerkanüle als auch durch subconjunctivale Injektionen hervorrufen. Der letztere Versuch wurde von Wessely allerdings etwas anders gedeutet, von Römer jedoch auf Diffusion und Osmose zurückgeführt.

Die Auseinandersetzungen über den osmotischen Druck der Augenflüssigkeiten im Vergleiche zu dem des Blutserums sind nach den Feststellungen van der Hoeves<sup>22</sup>) wohl als erledigt anzusehen und wir können mit ihm annehmen, daß der osmotische Druck der Augenflüssigkeiten zwischen dem des arteriellen und dem des venösen Blutserums liegt und etwaige Abweichungen nach der einen oder anderen Richtung nicht groß zu sein pflegen. Es ist aber keine Frage, daß auch geringe Abweichungen dieser Werte für den Stoffwechsel des Auges sowie für seine Druckregulierung

in dem oben angedeuteten Sinne von Bedeutung sein müssen\*).

Trotzdem wurde, soviel mir bekannt ist, auf diese Verhältnisse bisher nicht ausdrücklich hingewiesen. Daß übrigens Untersuchungen dieser Art statt mit Serum mit Plasma wiederholt werden müßten, sei hier eingeschaltet.

Konzentrationsvermehrung des Kammerwassers haben Peters<sup>28)</sup> beim naphthalinvergifteten Kaninchen, sowie Uribe y Troncoso<sup>29)</sup> während der Starbildung des Menschauges beobachtet (Peters hat mit Recht die etwas exzessiven Werte Uribe y Troncosos angezweifelt), Scalinci<sup>30)</sup> konnte sie durch intravenöse Injektion hypertonischer Lösungen hervorrufen. Hertel<sup>24)</sup> fand im Kammerwasser bei Coma diabeticum (durch Prüfung des elektrischen Leitvermögens) Erhöhung der osmotischen Konzentration, gleichzeitig die bekannte Druckherabsetzung. Grignolo<sup>31)</sup> beobachtete bei Hunden nach Methylalkoholvergiftung sowohl im Kammerwasser als auch im Serum erhöhten osmotischen Druck. In diesen Fällen wie auch bei den Untersuchungen Hertels und den Experimenten Scalincis hatte offenbar bereits der Ausgleich der osmotischen Unterschiede stattgefunden und seine Wirkung ausgeübt: Der Augapfel hat an das höher konzentrierte Blut Flüssigkeit abgegeben und dadurch einerseits stärkere Konzentration seiner Binnenflüssigkeit, andererseits Druckverminderung erlitten\*\*).

Botazzi zitiert eine Arbeit von Demons<sup>23)</sup>, in der nachgewiesen wird, daß der osmotische Druck der Augenflüssigkeiten bei Glaukom erhöht sei. Sonstige Mitteilungen über den osmotischen Druck der Augenflüssigkeiten bei Glaukom sind nicht erschienen. Sie wären sehr erwünscht, doch stoßen diese Bestimmungen auf besondere Schwierigkeiten wegen der gerade bei Glaukom meist sehr geringen zur Verfügung stehenden Kammerwassermengen, wären aber nicht unausführbar. Indessen dürften aber auch Bestimmungen des Cl-Gehaltes im Kammerwasser von Glaukomaugen in diesem Sinne von Interesse sein, da ja das Kochsalz die Hauptmenge (nach Cahn 78,11%, nach Mestrezat 84,24%) der im Kammerwasser vorhandenen Kristalloide ausmacht und seine Schwankungen wenn nicht allein maßgebend, so doch sicher meistens ausschlaggebend für die osmotische

\*) Entspricht doch einer Gefrierpunkterniedrigung von nur 0,001° C eine Herabsetzung des osmotischen Druckes um 9 mm Hg.

\*\*\*) Einige Zeit nach Beendigung des Einlaufes hochkonzentrierter Salzlösungen stellte sich in den zitierten Versuchen der normale Augendruck wieder her; gleichzeitig dürfte an Stelle der höheren Konzentration der Augenflüssigkeiten eine normale Konzentration eingetreten sein; die dabei in den Bulbus eindringende Flüssigkeitsmenge stellt die ursprüngliche Spannung der Bulbuswand wieder her.

Konzentration des Kammerwassers sind. Aber auch wenn wir eine Erhöhung des Kochsalzgehaltes im Glaukomaerge finden sollten, müssen wir die Möglichkeit einer entsprechenden Verminderung anderer Kristalloide in Betracht ziehen.

### Eigene Untersuchungen.

#### A. Die Entnahme des Kammerwassers.

Obschon die Untersuchung normalen Kammerwassers von besonderem Interesse wäre, hatte ich nicht den Mut, den seinerzeit Jaeger aufbrachte, normale Augen gesunder Individuen zu punktieren, trotzdem uns heute einmal die Aseptik und zweitens das überaus schonende Verfahren der Entnahme des Kammerwassers solche Eingriffe eher gestatten würden.

Die Entnahme von Glaskörper aus normalen Augen ist ganz ausgeschlossen, da hierzu eine so ungefährliche Operation wie die Vorderkammerpunktion nicht zur Verfügung steht.

Jaeger punktierte die Vorderkammer mit einer durchbohrten Lanze, von deren Bohrung ein dünnstes Silberröhrchen zu einer kleinen Epruvette führte (Abb. 1). Ich benutzte zur Entnahme des Kammerwassers trocken sterilisierte Rekordspritzen mit Platiniridiumnadeln. Vor der Sterilisation werden Nadel und Spritze mit destilliertem Wasser, Alkohol, Äther gereinigt.

Das (wie vor der Staroperation) auf den Keimgehalt des Bindehautsackes untersuchte Auge wird nur, wenn es sich als steril erweist, operiert. Vor der Operation wird das Auge ausgiebig cocainisiert. Dabei wurde, auch um eine Austrocknung zu vermeiden, das Auge nach Eintropfen jedes Tropfens geschlossen gehalten.

Bei einem 16jährigen Mädchen, dessen Auge nach Exstirpation eines retrobulbären Tumors völlig anästhetisch war, machte ich die Punction ohne Cocainisierung und erhielt als Kochsalzwert des ersten Kammerwassers 0,712%, und da sich bei einer Anzahl cocainisierter im vorderen Abschnitt normaler Augen (vgl. später) ähnliche Werte fanden, gab ich mich der Hoffnung hin, daß durch das Cocainisieren keine wesentliche Änderung des Kochsalzgehaltes hervorgerufen wurde. Allerdings ist gerade dieser Fall nicht beweisend, weil die Patientin vorher Jod bekommen hatte, vgl. S. 262.

Die Hornhautoberfläche muß zur Zeit der Entnahme frei von Flüssigkeit sein. Die Nadeln müssen dünn, aber fest und mit kurzer Spitze versehen sein (Abb. 2): dicke Nadeln hinterlassen fistelnde Öffnungen; biegsame Nadeln gefährden das Auge durch Ablenkung der Stichrichtung und lange Nadelspitzen verschieben sich leicht tangential zwischen die Lamellen, statt dieselben zu durchstoßen.

Unter diesen Umständen konnte ich auf die Anbringung eines Anschlages (Arrêt) verzichten, da man bei genügend scharfer Nadelspitze und guter Fixation des Bulbus an dem der Einstichstelle gegenüber liegendem Limbus mit großer Sicherheit und ohne Gefährdung von Linse oder Iris punktieren kann.

Der Einstich wurde immer etwa  $\frac{1}{2}$  mm cornealwärts vom Limbus ausgeführt,



Abb. 1.

um die Beimengung von Blutspuren aus dem Randschlingennetz mit Sicherheit zu vermeiden. Die Richtung des Einstiches wurde, besonders bei weiter Pupille, nicht gegen die Pupillenmitte, sondern gegen den oberen oder unteren Kammerwinkel hin gewählt, wenn, wie gewöhnlich, temporal eingestochen wurde.

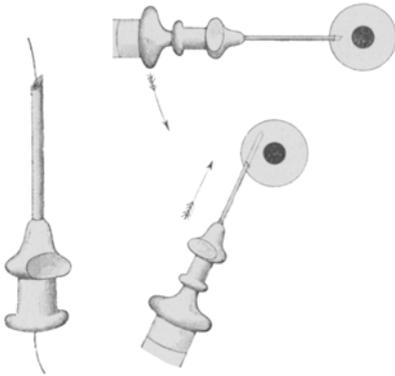


Abb. 2.  
(Vergr.)

Abb. 3.

Hierdurch sollte vermieden werden, daß Linse oder Iris angestochen werden.

Man kann auch, da das Durchstechen der Hornhaut in radiärer Richtung leichter ist, den Einstich in dieser Richtung vornehmen, sodann die Spitze gegen den Kammerwinkel zum Fußende oder Kopfende des Pat. lenken und erst jetzt weiter vorschieben (Abb. 3). Nur wird hierdurch die Hornhautwunde stärker gequetscht als bei der ersterwähnten Art des Einstiches.

Nach erfolgtem Einstich zieht ein Gehilfe den Spritzenstempel auf, während der Operateur Spritze und Auge fixiert. Auf die sinnreiche Vorrichtung von Ask<sup>2)</sup> zum automatischen Ansaugen des Kammerwassers konnten wir verzichten;

wir zogen die Entnahme unter Kontrolle des Operateurs vor, da bei automatischer Entleerung eine Regulierung der Geschwindigkeit und Menge der Entnahme nach dem Einstich nicht mehr möglich wäre.

Seit ich in dieser Weise vorgehe, gelingt die Punktion jedesmal sehr leicht und rasch und es ist bei der großen Anzahl der ausgeführten Punktionen nie eine Nebenverletzung, insbesondere keine Wundstarbildung aufgetreten. Man kann also ohne jeden Schaden für den Patienten diese nach Cocainisierung vollkommen schmerzlose Punktion ausführen und sogar wiederholen. Ich habe den Patienten auch stets gesagt, daß es sich um einen leichten operativen Eingriff handelt, welcher aber lediglich zur Untersuchung des Augeninhaltes und nicht zur Heilung dient — außer in Fällen wie Embolie, Glaukom, Glaskörperblutung, wo die Punktion ja auch einen therapeutischen Zweck hat.

Bei einer Anzahl von Glaukomaugen wurde die Kammerwasserentnahme während der Zyklodialyse ausgeführt, indem statt des Zyklodialysenspatels eine in demselben Sinne wie dieser geknickte Rekordspritzennadel<sup>\*)</sup> (Abb. 4a, b) verwendet wurde. Anfangs benützten wir eine Nadel, deren Öffnung 1 mm vom blinden Ende entfernt auf der der Iris zugekehrten Seite lag (a), doch mußte diese Öffnung auf die der Cornea zugewendete Seite verlegt werden (b), weil sich sonst beim Ansaugen Iris einlagerte und den Abfluß des Kammerwassers verhinderte.

Nach Einführung des Instrumentes genau wie bei der Zyklodialyse wird Kammerwasser abgesaugt, sodann die Zyklodialyse beendet, was entweder mit der hierzu ganz gut geeigneten Nadel oder auch mit dem gewöhnlichen Zyklodialysenspatel, der doch handlicher ist als die Rekordspritze, geschehen kann.

Bei einigen Operationen gelang es auch, das Kammerwasser während des Einstichs von der Lanze mit der „trockenen Spritze“ wegzusaugen, doch stellt

<sup>\*)</sup> Die Zyklodialysennadel verfertigte nach den Angaben meines Chefs unser Instrumentenmacher Franz Koutny. Diese Nadel bietet natürlich keine Gewähr für die blutfreie Entnahme des Kammerwassers.

dieses Vorgehen an die Präzision und Geschicklichkeit des Operateurs etwas zu große Anforderungen.

Das Kammerwasser aus dem cocainisierten Bindehautsacke aufzusaugen, wäre wohl die einfachste Lösung, jedoch fehlt hierbei die nötige Garantie für die chemische Reinheit. Nachdem ich im Anfang einige derartige Abnahmen gemacht hatte und mir der hohe Kochsalzgehalt der Kammerwässer aufgefallen war (bei einer traumatischen Katarakt 0,849%, bei einem Sekundärglaukom 0,770%, bei einem Leucoma adhaerens 0,789%), versuchte ich festzustellen, ob nicht etwa im Bindehautsacke eine Kochsalzvermehrung herbeigeführt wird.

Da die Tränen einen Kochsalzgehalt von über 1% haben [Arlt nach Merkel und Kallius<sup>32</sup>], Hamarsten<sup>18</sup>) (S. 582)], so ist es verständlich, daß durch Mischung von Kammerwasser (Kochsalzgehalt um 0,7%) mit Tränen der Kochsalzgehalt der Mischung nicht dem des Kammerwassers entspricht. Allerdings versiegt das Tränen am cocainisierten Auge, doch scheint selbst nach Ausspülung des Bindehautsackes mit destilliertem Wasser oder verdünnter Oxycyanatlösung dieser Fehler nicht sicher vermeidbar zu sein.

In einen normalen Bindehautsack wurde ohne vorherige Cocainisierung  $\frac{1}{2}$  ccm destilliertes Wasser getropft, kurz nachher mit der trockenen Spritze zurückgesaugt und der Kochsalzgehalt bestimmt: Kochsalzgehalt 0,12%.

In den Bindehautsack eines zur Staroperation vorbereiteten und cocainisierten Auges wurde steriles destilliertes Wasser eingetrofft, ebenfalls  $\frac{1}{2}$  ccm und 10 Sekunden darin belassen; trotzdem der Bindehautsack vorher mit Hg-Oxycyanatlösung 1 : 10,000 ausgespült war, konnte ich in dem wieder abgesehenen Wasser 0,05% Kochsalz nachweisen. Bei einem zweiten Versuch vor Staroperation an einem länger mit Oxycyanatlösung gespülten Auge war zwar keine Aufnahme von Kochsalz nachweisbar, trotzdem möchte ich aber der Sauberkeit des Versuches wegen die aus dem Bindehautsack aufgesaugten Kammerwässer in der weiteren Zusammenstellung ausschließen.

Da der Kochsalzgehalt des Blutes stets geringer ist als der des normalen Kammerwassers (0,5—0,6 gegen 0,7%), so bedeutet Beimengung von Blut eine Verdünnung des Kammerwassersalzgehaltes und ist aufs Sorgfältigste zu vermeiden. Dies gelingt durch den bereits erwähnten cornealen Einstich und durch Schonung der Iris. Wenn nichts anderes bemerkt ist, so sind die im folgenden besprochenen Kammerwässer immer klar und farblos gewesen.

Über die Entnahme des Glaskörpers vergleiche S. 257, 264 und 272.

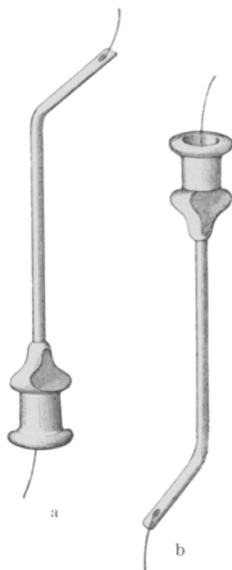


Abb. 4. (Vergrößert.)

### B. Die Chlorbestimmung.

Die Chlorbestimmungen wurden nach der Mikromethode von Bang<sup>33)</sup> ausgeführt. Auch Wessely<sup>7)</sup> hat den Kochsalzgehalt des Kammerwassers durch Titration bestimmt.

Kochmann und Römer (S. 582) haben eine sehr genaue, aber etwas umständlichere Methode angewendet, welche nach Oxydation des Kammerwassers durch  $\text{HNO}_3$  die gesamte Cl-Menge jodometrisch bestimmt. Ich glaubte, die inzwischen von Bang ausgearbeitete Mikromethode für diese klinischen Untersuchungen anwenden zu dürfen, obzwar hierbei Fehler bis 0,01% NaCl vorkommen, welche aber vorerst für die in Betracht kommenden Fragen vernachlässigt werden können. Durch Vorversuche in „künstlichem Kammerwasser“ orientierte ich mich über die Eignung der ursprünglich für Blutuntersuchungen bestimmten Methode:

Es wurde eine Kochsalzlösung von bekanntem Prozentgehalt mit 0,03% reinstem Serumalbumin\*) versetzt und dann mittels der Bangschen Methode der NaCl-Gehalt bestimmt. Die gefundenen Werte stimmten innerhalb der Fehlergrenzen gut überein.

Um übrigens festzustellen, ob vielleicht ein Teil der Chloride in dem Filter zurückbleibt oder ob bei der Titration ein Teil der Chloride nicht ausgefällt wird, hat F. Haurowitz, Assistent am mediz.-chemischen Institut, nach der Extraktion mit Alkohol das mit genuinem KW beschickte Filterpapierstreifen nach Carius aufgeschlossen. Infolge der außerordentlichen Feinheit der Chlorsilberreaktion gelang es erst bei der zweiten Verwendung des Cariusrohres (bei welcher das Glas nicht mehr Chlorspuren enthielt) den Rückstand so zu behandeln, daß seine Lösung mit Ag-Nitrat nur eine Spur getrübt wurde. Ein unter denselben Versuchsbedingungen ausgeführter Parallelversuch ergab, daß die Trübung geringer war als eine solche durch  $35 \cdot 10^{-9}$  g NaCl. In gleicher Weise ergab die Untersuchung des Alkohol-extraktes nach Eindampfen am Wasserbad, Lösen in Wasser, Versetzen mit Ag-Nitrat, Filtrieren und Cariusbestimmung des Filtrats, daß dessen NaCl-Gehalt maximal  $70 \cdot 10^{-9}$  g NaCl beträgt. Wenn auch die hier angewandte nephelometrische Methode nicht als quantitativ anzusehen ist, so zeigt sie doch mit aller Deutlichkeit, daß 1. im KW keine Chlorkörper vorhanden sind, die der Alkoholextraktion entgehen und im Filterpapierchen bleiben, und 2. daß auch keine Chlorkörper vorhanden sind, die wohl in den Alkohol übergehen, aber mit Silbernitrat keinen Niederschlag geben, somit, daß die Bangtitrationsmethode sämtliche im KW vorhandene Chlorverbindungen erfaßt. Über Parallelbestimmungen vgl. später S. 278.

Das bei der Punktion gewonnene Kammerwasser wird möglichst bald nach der Entnahme in zwei Portionen, deren jede etwa 100 mg betragen soll, zur Wägung gebracht.

Trotzdem die Rekordspritzen gut schließen, ist es nicht statthaft, das Kammerwasser in der Rekordspritze aufzubewahren:  $\frac{1}{10}$  ccm einer 0,6 proz. Kochsalzlösung 24 Stunden im Laboratorium in der mit Platiniridiumnadel armierten Rekordspritze belassen, ergab einen Kochsalzgehalt von 0,63%, offenbar infolge langsamer Verdunstung.

Die Wägungen wurden mit der Torsionswaage des Laboratoriums der 2. medizinischen Klinik (Vorstand Hofrat v. Jaksch) ausgeführt.

\*) Aus dem Institut Zeynek.

Ich habe das Kammerwasser immer direkt von der Spritze auf das vorher gewogene 1 : 2 cm große Filterpapier von Bang aufgetropft, bevor ich die Platiniridiumsätze abnahm. Dadurch vermeidet man den Verlust des in der Ansatznadel verbliebenen Kammerwassers und kann auch mit ziemlicher Sicherheit dosieren, nachdem man in Erfahrung gebracht hat, wie viele Tropfen aus der betreffenden Nadel etwa 100 mg wiegen. Bei unseren Nadeln waren es 7—8 Tropfen.

Wenn die Flüssigkeit ins Filterpapier eingesaugt ist, was bei dem wenig viskösen Kammerwasser viel rascher geht als bei Glaskörper, Blut oder Blutserum, wird das Filterpapier in der Bangschen Eprouvette nach Bangs Vorschrift mit 92proz. Alkohol so hoch übergossen, daß sein oberer Rand reichlich bedeckt ist. Nach 5stündigem Extrahieren Abgießen des Alkohols, einmal Nachwaschen mit 92proz. Alkohol; im Becherglase wird ein Tropfen 7proz. Kaliumchromatlösung zugesetzt und aus der Bang-Bürette mit  $\frac{1}{100}$  nAgNO<sub>3</sub>-Lösung bis zum Auftreten des Farbenumschlages titriert.

Leider stehen vom Kammerwasser nicht immer Mengen von 200 mg zur Verfügung, so daß eine ganze Reihe von Bestimmungen ohne die bei dieser subtilen Methode so sehr nötigen Kontrollbestimmungen ausgeführt werden mußte. Die derart erhaltenen Werte entbehren natürlich der absoluten Zuverlässigkeit und sind im folgenden durch die fehlende Doppelbestimmung kenntlich. Besonders vorsichtig sind jene Werte zu verwenden, bei welchen die Gesamtmenge des verfügbaren Kammerwassers stark unter 100 mg lag. Doch wollte ich auch diese nicht entbehren und habe sie deshalb im folgenden mit aller Reserve eingefügt, gewöhnlich nur mit zwei Dezimalen (vgl. S. 260 unterm Strich).

Bei Doppelbestimmungen wurden Resultate, die um mehr als 0,01% NaCl von einander abwichen, überhaupt nicht verwendet.

### C. Ausschaltung anderer Halogene.

Bei den zur Kammerwasserentnahme bestimmten Patienten wurde immer darauf geachtet, ob sie nicht vorher oder gleichzeitig eine Jod- oder Brombehandlung durchmachten.

Daß die anderen Halogene ins Kammerwasser übergehen, ist bekannt. Die hierbei in Betracht kommenden quantitativen Verhältnisse hat Löhlein<sup>34</sup>) studiert. Er fand im Tierversuch 2 Stunden nach subcutaner Injektion von JK als Maximalwert im Kammerwasser 0,1% JK.

Giuglianetti<sup>35</sup>) hat noch 2—3 Tage nach dem Aussetzen von J-Einreibungen auf die Haut des Kaninchens J im Kammerwasser nachweisen können.

Um festzustellen, ob beim Menschen nach Aussetzen der Brom- oder Jodmedikation das Kammerwasser noch Brom oder Jod enthält, welches beides bei der Silberfällung den Chlorgehalt scheinbar erhöhen würde, habe ich die folgenden Versuche angestellt.

#### 1. Brom.

36jähriger Mann, Atrophia nervi optici o. u., beiderseits beinahe Amaurose. Vorderer Bulbusabschnitt normal.

11. IV. 1921. Vorderkammerpunktion links,

Zur Wägung gebracht:  
104 mg Kammerwasser  
105 mg Kammerwasser

Kochsalzgehalt:  
0,708%  
0,718%

Vom 12. bis zum 17. bekam Pat. täglich 4 g Bromnatrium in 4 Dosen zu 1 g.  
18. IV. 1921. 10 Uhr vormittags Vorderkammerpunktion rechts.

Zur Wägung gebracht:	„Kochsalzgehalt“:
122,2 mg Kammerwasser	0,734%
105,5 mg Kammerwasser	0,727%

Obschon die Halogenvermehrung zur Zeit der Punktion des rechten Auges nicht groß war, glaube ich sie doch als vorhanden annehmen und auf die Anwesenheit von Bromiden beziehen zu sollen, ohne allerdings daraus auf das quantitative Verhältnis zwischen Br und Cl schließen zu können. Eine Störung des osmotischen Gleichgewichtes muß mit dieser Vermehrung der Halogene nicht verbunden sein, da ja das Br andere Anionen ersetzt haben kann.

Auch das nach 2 Stunden neuerdings entnommene Kammerwasser des rechten Auges gab, in ein kleines Eprouvettchen gefüllt, angesäuert, mit Chlorwasser versetzt und mit Chloroform ausgeschüttelt, zarte Gelbfärbung der Chloroformkuppe, d. h. also positive Bromreaktion.

Jedenfalls ergibt sich, daß die Untersuchung des Kammerwassers von Patienten, welche tags zuvor Br bekommen haben, zu Irrtümern führen kann.

21. IV. Vorderkammerpunktion links (seit Aussetzen der Bromdarreichung war das linke Auge zweimal punktiert worden). Bromnachweis, da nur mehr kleine Mengen vermutet werden, nach Baubigny. Mit dieser Methode lassen sich noch<sup>36)</sup> in 0,1 cem 0,01 mg Brom nachweisen, während bei unseren Vorversuchen mit der Chlorwasserprobe in Mengen von 0,2 cem noch die 0,03 proz. NaBr-Lösung positiven Ausschlag gab, also nur 0,06 mg NaBr als Grenze\*).

Das ganze Kammerwasser, 0,15 cem, wurde mit 1 cem 16 proz.  $\text{CuSO}_4$ -Lösung und 2 Tropfen 8 proz.  $\text{KMnO}_4$ -Lösung in ein Kölbchen gebracht; die 20 Stunden durch das Kölbchen durchgesaugte Luft färbte das vorgelegte Fluoresceinpapier zart rot (Eosin). Um das Vorhandensein von Bromdämpfen in der Laboratoriumsluft auszuschließen, wurde ein 20stündiger Leerversuch unter sonst gleichen Bedingungen aufgestellt — keine Spur Rotfärbung.

Am gleichen Tage wurden 15 cem Blut durch Venenpunktion entnommen und vom Kollegen Muck im medizinisch-chemischen Institut in derselben Weise auf Br-Spuren untersucht. Auch hier gelang der Br-Nachweis und durch Vergleich mit künstlich hergestellten Br-Lösungen ergab sich, daß der Br-Gehalt zwischen 1,0 und 0,1 mg NaBr in 15 cem lag.

Es war somit 4 Tage nach Aussetzen der Bromverabreichung und trotz zweimaliger Entleerung des Kammerwassers in dem dritten Kammerwasser noch Brom mit Sicherheit, wenn auch in geringen Mengen nachweisbar.

## 2. Jod.

16jähriges Mädchen; Status post Krönlein wegen retrobulbären Tumors links. Amaurose. Vom 20. bis 24. März 1921 täglich 4 g Jodkali in 4 Dosen zu 1 g.

\*) Die Brombestimmungen nach Baubigny wurden im medizinisch-chemischen Institute ausgeführt, dessen Vorstand, Herr Hofrat v. Zeynek ich wie auch seinen Assistenten, den Kollegen Muck und Haurowitz, an dieser Stelle für die lebenswürdige Unterstützung verbindlichst danke.

Am 25. Vorderkammerpunktion um 11 Uhr vormittags und um 1 Uhr nachmittags. Im ersten Kammerwasser wurde keine Jodreaktion angestellt, im zweiten Kammerwasser war die Jodreaktion positiv: etwas weniger als 0,2 ccm Kammerwasser aus der Spritze in eine kleine Epruvette gespritzt, mit sehr wenig destilliertem Wasser nachgewaschen, ein Tropfen einer Mischung von 1 proz. Kaliumbichromat mit verdünnter Salzsäure und hierauf ein Tropfen Stärkelösung zugesetzt — Olivfärbung.

Der Farbenton entspricht etwa dem der Stärkereaktion bei 0,007 proz. JK-Lösung in 0,2 ccm Flüssigkeit.

Vorversuch: Zu 0,1 ccm 0,7 proz. Kochsalzlösung und 0,03 proz. Eiweißlösung wurden aufsteigende Tropfenzahlen einer JK-Lösung von 0,01% zugesetzt, in welcher jeder Tropfen ca. 0,005 mg JK enthielt. Sodann wurden alle Probierröhrchen durch Nachtropfen einer 0,7 proz. Kochsalzlösung und 0,03 proz. Eiweißlösung auf 0,2 ccm aufgefüllt und in diesen 0,2 ccm messenden Kochsalz-Eiweiß-Jodlösungen die Stärkereaktion ausgeführt: Die im oben erwähnten Kammerwasser gefundene Farbe war gleich der bei der Reaktion des mit 3 Tropfen (= 0,015 mg JK) hergestellten „künstlichen Kammerwassers“. (Die Violettfärbung tritt erst bei stärkerer J-Konzentration ein.)

Um 6 Uhr abends wurde eine dritte Punction vorgenommen: das Kammerwasser gab keine Jodreaktion mehr.

Da somit 4 Tagen nach Aussetzen der Brom- bzw. 18 Stunden nach Aussetzen der Jodverabreichung auch nach Vorderkammerpunktionen im neuen Kammerwasser noch Brom bzw. Jod nachweisbar ist, werden wir die Zahlen einer Silbertitrationmethode nur bei solchen Personen auf den Kochsalzgehalt umrechnen dürfen, welche nicht Bromide oder Jodide eingenommen haben. Da das Brom im Organismus recht lange zurückgehalten wird\*) [Nencki<sup>37</sup>), Markwalder<sup>38</sup>)], ist es schwer, eine zeitliche Grenze anzugeben, jenseits welcher man mit einiger Wahrscheinlichkeit darauf rechnen kann, daß nicht aus den Bromdepots des Körpers ausgeschwemmte Brommengen ins Kammerwasser gelangen.

## D. Ergebnisse.

### 1. Kammerwasser von Augen mit normalem vorderen Abschnitt.

Gruppe I. Kochsalzgehalt des Kammerwassers vorher nie operierter Augen mit normalem vorderen Abschnitt.

Geschlecht	Alter	Diagnose	KW-Menge in mg.	NaCl in %	
1.	W.	39	Atr. n. o. Tabes	R. A. 103	0,709
			(Amaurose)	L. A. 128,5	0,698
2.	M.	40	Atr. n. o. Tabes (Amaurose)	93,6	0,717
3.	M.	36	Atr. n. o. Tab. Myopie	104	0,708
			(fast Amaurose)	105	0,718
4.	M.	42	Atr. tab. n. o.	69,4	0,724

Gruppe I A. Reizloses Auge viele Jahre nach einer Operation.

5.	M.	25	Nachstar; vor 16 Jahren Schichtstar operiert	66 130	0,707 0,699
----	----	----	---	-----------	----------------

\*) Nencki<sup>37</sup>) konnte fast 4 Monate nach der letzten Bromgabe im Harn und Magensaft des Hundes noch Brom nachweisen.

Leider sind bei diesen 5 untersuchten Augen nur dreimal genügende Kammerwassermengen für Doppelbestimmungen zur Verfügung gewesen. Immerhin gaben alle Fälle ziemlich gut übereinstimmende Werte von abgerundet 0,70—0,72%, welche auch mit den bei verschiedenen Tieren für den Kochsalzgehalt des Kammerwassers gefundenen Werten, sowie mit dem von Mestrezat für den Menschen angegebenen Werte übereinstimmen. Aus der Jaegerschen Tabelle stehen die Werte der Fälle 4 (Frau mit Altersstar) und 9 (Knabe mit Keratitis vasculosa) unseren Werten am nächsten. Die für das ganz normale Auge gefundenen Werte Jaegers sind um etwa 0,2% niedriger.

Aus den mitgeteilten Zahlen ergibt sich also, daß die Kammerwässer reizloser Menschaugen denselben Kochsalzgehalt haben, wie er für verschiedene Tieraugen angegeben worden ist, nämlich um 0,7% und daß normalerweise wahrscheinlich keine großen Schwankungen um diesen Wert vorkommen.

Der Kochsalzgehalt des normalen Glaskörpers wäre mit Rücksicht auf die Frage der Isotonie mit dem Kammerwasser von Interesse. Doch ist zu beachten, daß wir mit der Bangschen Methode hier kaum zum Ziele kommen dürften, weil Unterschiede von 0,01%, welche noch in die Fehlergrenze der Methode fallen, schon deutliche Veränderungen des osmotischen Druckes bedingen müßten \*).

## 2. Leichenaugen (Kammerwasser und Glaskörper).

Der Güte der Herren Professoren Ghon und Dittrich verdanke ich die Möglichkeit, das Kammerwasser und den Glaskörper von Leichen des pathologisch-anatomischen und des gerichtlich-medizinischen Institutes zu untersuchen.

Das Kammerwasser der Leichenaugen habe ich mit einer der früher beschriebenen Nadeln, den Glaskörper dagegen mit einer viel dickeren Kanüle, wie sie Elschnig<sup>39)</sup> für den Glaskörperersatz angegeben hat, entnommen. Dünnere Kanülen gestatten das Aufsaugen des Glaskörpers um so schlechter, je weniger er verflüssigt ist.

Die Resultate stimmen insofern mit den Angaben von Jaeger und Kletzinsky überein, als die meisten NaCl-Werte mehrere Stunden nach dem Tode erhöht gefunden wurden, im Kammerwasser mehr als im Glaskörper.

Am charakteristischsten scheint das Phänomen der Salzanreicherung etwa 12 Stunden nach dem Tode zu sein:

57jährige Frau, Selbstmord durch Strangulation, ca. 12 Stunden post mortem. Pathologisch-anatomische Diagnose: arteriosklerotische Schrumpfniere.

Kammerwasser:	110 mg	0,780% NaCl
	168 mg	0,778% NaCl

\*) Vgl. Fußnote\*) S. 256.

Glaskörper:	203 mg	0,742% NaCl
	118 mg	0,748% NaCl
	160 mg	0,743% NaCl
	128 mg	0,741% NaCl

Ähnliche Werte fanden sich bei den anderen Leichenaugen in den ersten 24 Stunden nach dem Tode, wenn auch nicht immer so ausgesprochene Erhöhungen.

Es ergibt sich somit ein Überwiegen des NaCl in dem der Oberfläche näheren Kammerwasser um fast 0,04% über den Glaskörper. Inwieweit die Diffusion der Tränenflüssigkeit, inwieweit die Verdunstung oder das Gerüstwerk des Glaskörpers hierfür die Ursache bildet, kann hier nicht erörtert werden.

Da die übrigen Befunde nur das bereits Bekannte bestätigen, sei auf ihre Wiedergabe verzichtet.

Es ist also bei den Leichenaugen ein Ansteigen des Kochsalzwertes bewiesen, welches in der Vorderkammer oft stärker ausgesprochen ist als im Glaskörper.

### 3. Pathologisches Kammerwasser.

Gruppe II. Kammerwasser kataraktöser Augen ohne besonderen Reizzustand.

#### a) jugendliche.

Geschlecht	Alter	Diagnose	KW.-Menge in mg	NaCl in %
1.	M.	18 Schichtstar vor Discission	135,8	0,715
			98	0,716
2.	W.	20 Vor 2 Tagen Discission wegen Myopie	73	0,713

#### b) senile.

3.	W.	65 Kat. sen. immat.	142	0,703
4.	W.	60 Kat. sen. Diabetes	130	0,641
5.	M.	80 Kat. sen.	91	0,646

Die zweite Gruppe enthält unter 5 Kammerwasserbestimmungen eine mit Doppelbestimmung. Es handelt sich um ein Auge mit Schichtstar. Der NaCl-Wert lag in der Höhe des normalen Durchschnittes; ähnliche Werte zeigen auch die ohne Kontrollbestimmung ausgeführten Untersuchungen eines myopischen Auges 2 Tage nach der Discission der Linse und eines Auges mit unreifer seniler Katarakt. Dieser letztere Fall sowie die 2 weiteren Starfälle, die allerdings schon ausgebildeteren Starformen betreffen, sprechen gegen die von Peters<sup>28)</sup> und Uribe y Troncoso<sup>29)</sup> angenommene Vermehrung der Kammerwasserkonzentration bei beginnendem Star; zum mindesten wäre eine solche in unseren Fällen nicht durch Kochsalzvermehrung bedingt.

## Gruppe III. Kammerwässer nie operierter gereizter Augen.

Geschlecht	Alter	Diagnose	KW-Menge in mg	NaCl in %	Refr.
1.	M.	19 Iritis lueticæ	66 klar, farblos	0,639	21,8
2.	M.	26 Iridocyclitis (Tbc? Go?)	75 klar, farblos	0,670	26,4
3.	M.	62 seit 2 Monaten Kat. traum., nie operiert	146 128	0,611 0,605	23,8
4.	M.	9 Contusio bulbi vor 14 Tag. (kein Blut sichtbar)	154 klar, farblos	0,645	
5.	M.	20 Panophthalmie (nach Enukleation entnommen)	91 klar, gelblich	0,687	
6.	W.	18 Keratitis parenchymatosa	127 klar, farblos 145	0,635 0,644	21,6

Ein ganz anderes Bild als die Gruppen I und II bieten die Kammerwässer gereizter Augen (Gruppe III).

Sechs Kammerwässer, von welchen zwei mit Doppelbestimmungen untersucht, zeigten durchwegs Werte unter 0,69% NaCl; der höchste Wert 0,687%, betraf eine Panophthalmitis, der niedrigste eine traumatische Katarakt 0,611; 0,605.

Wie ist dieser verminderte Kochsalzgehalt der gereizten Augen zu verstehen? Da möchte ich vorwegnehmen, daß bei vier dieser Kammerwässer der Refraktometerwert bestimmt und in allen 4 Fällen deutlich, zweimal sogar stark erhöht gefunden wurde.

Der Einwand Wesselys gegen die Verwendbarkeit des Refraktometerwertes für die Schätzung des Eiweißgehaltes des Kammerwassers betrifft nicht die Fälle mit deutlich erhöhtem Refraktometerwert. Kleine Eiweißschwankungen müssen dem Refraktometer entgehen; deutliche Refraktometerausschläge jedoch sprechen, besonders bei niedrigem NaCl-Gehalt, fast mit Sicherheit für Eiweißvermehrung des Kammerwassers. Ist nun in diesen Fällen ein Teil des NaCl vielleicht durch das vorhandene vermehrte Eiweiß dem Nachweis entzogen worden?

Zur Feststellung, ob vielleicht ein Teil der Chloride im stärker eiweißhaltigen Kammerwasser durch Titration nicht nachweisbar wäre, hätte man von demselben Kammerwasser einen Anteil durch Titration, den anderen nach Zerstörung der organischen Substanz auf den Cl-Gehalt untersuchen müssen. Da hierzu die verfügbaren Kammerwassermengen nicht genügen, können wir uns mit der Vermutung begnügen, daß ein wesentlicher Fehler durch die Titrationsmethode deswegen nicht zu erwarten ist, weil ja der Eiweißgehalt dieser Kammerwässer durchwegs gering war und weil die Unterschiede in dem viel eiweißreicheren Blut auch nur klein sind, wenn sie überhaupt bestehen<sup>14)</sup>.

Findet nun tatsächlich eine Verminderung der Chlorionen statt, so ist damit noch nicht eine Verminderung des osmotischen Druckes im

Kammerwasser bewiesen. Sie kann wohl vorhanden sein, aber ebenso gut denkbar wäre das Eintreten anderer Anionen, allenfalls anderer Kristalloide, an Stelle der fehlenden Chlorionen\*). Untersuchungen über den osmotischen Druck des entzündlichen Kammerwassers müßten diese Frage entscheiden.

Über den Antagonismus zwischen Kochsalzgehalt und Eiweißgehalt vgl. auch S. 285 ff.

#### Gruppe IV. Reizlose Augen mit frischen Funduserkrankungen.

Nr.	Geschl.	Alter	Diagnose	KW. in mg	NaCl in %
1.	W.	15	Stauungspapille mit beginnender Atrophie bei Hirntumor, fast amaurotisch	108	0,598
				114	0,596
2.	M.	45	Embolie, schwere Retinagesäßerkrankung mit kleiner Blutung	122	0,654
				88	0,644
3.	M.		Embolia art. c. vor 3 Wochen	62	0,630
				94	0,638

Auf Fall 1 und 2 der Gruppe IV werde ich noch zurückkommen, hier sei nur bemerkt, daß sie bei späteren Punktionen höhere, den normalen Werten ähnlichere Werte aufwiesen. Im folgenden soll versucht werden, diese anfänglich niedrigeren Zahlen zu erklären. Hier sei nur darauf hingewiesen, daß bei Hintergrundserkrankungen des Auges der Kammerwasserkochsalzgehalt ebenfalls herabgesetzt sein kann.

#### Kochsalzgehalt des Kammerwassers bei Glaukom.

##### Gruppe V. Völlig unbehandelte Primärglaukome.

	Geschlecht	Alter	Diagnose	KW.-Menge in mg	NaCl in %
1.	M.	65	Gl. compens. T = 36 mm Hg	103,5	0,73
2.	M.	69	Gl. absol.	86,4	0,72

##### Gruppe VI. Nie operierte Primärglaukome nach Pilocarpin.

###### a) kompensierte.

1.	M.	68	T = 55, lange Pilocarpin	37,3	0,76
2.	W.	35	sehr lange Pilocarpin	R. A. 153 L. A. 94	0,703 0,672
				56	0,679
3.	W.	30	einseitig; lange Pilocarpin	101	0,706
4.	W.	68	vor 5 Jahren Starextraktion, seit 4 Tg. Pilocarpin	85 37	0,626 0,619

###### b) inkomensierte.

1.	M.	68	(das andere Auge von Fall VI. a. 1) T = 55	18,5	0,79
2.	M.	60	viel Pilocarpin	36	0,65

###### c) inkomensierte, nach Pilocarpin kompensiert.

1.	M.	57	T = 80, nach Pilocarpin 15 mm Hg	68	0,731
----	----	----	----------------------------------	----	-------

\*) Neuerdings fand van Creveld (Biochem. Zeitschr. **123**, 1921) im zweiten Kammerwasser des Kaninchens mehr Glucose als im ersten.

## d) absolute.

1.	M.	45	T = 35 trotz viel Pilocarpin	48	0,694
2.	W.	50	T = 40 — 50	33	0,59
3.	M.	62	lange Zeit Pilocarpin	116	0,642
4.	W.	64	T = 65; 14 Tage Pilocarpin	93	0,65
5.	M.	50	längere Zeit Pilocarpin	31,8	0,72

## e) Buphthalmus.

1.	W.	18	vorher viel Pilocarpin; bei der ersten Zyklodialyse*)	108 112	0,726 0,718
bei später ausgeführten Entnahmen nach mehrfachen anderen Operationen:				0,725	0,736
2.	W.	53	Scleritis; bei der ersten Zyklodialyse*)	102	0,676

## Gruppe VII. Operierte Primärglaukome.

1.	M.	62	Fall VI. d. 3. 2 Tg. nach der ersten Punktion	92	0,737
2.	W.	50	Fall VI. d. 2: anderes Auge, 40 Tg. nach Zyklodial. gut entspannt, seit 12 Std. plötzlich T = 50	40	0,80
3.	M.	66	vor 5 Jahren Gl. absol. T = 50; eine Zyklodialyse entspannt auf T = 10	112	0,723
4.	M.	64	T = 50, vor 3 Wochen Zyklodialyse; neuer- lich inkompenziert; T = 35	104,2 86	0,669 0,673

Gruppe VIII. Kochsalzgehalt des Kammerwassers bei  
Sekundärglaukom.

1.	W.	52	Sec. Gl. Iridocyclitis, Scleritis, nie ope- riert, viel Piloc. [mit Zyklodial.-Nadel*])	91,5	0,713
2.	W.	27	Sec. Gl., Leuc. adh., Staphylome	40	0,73
3.	W.	28	Sec. Gl., Leuc. adh., Amaurose, E nukleation; nach E nukleation mit etwas Blut, deshalb nicht verwertbar		0,706
4.	W.	27	Sec. Gl., Keratitis parenchym., mehrmals operiert, mit Zyklodialysen-Nadel*)	26	0,72
5.	M.	51	Sec. Gl. Iridocyclitis	97 105	0,713 0,709

Uribe y Troncoso<sup>40)</sup> fand bei Glaukomaugen im Kammerwasser relativ starke Vermehrung des Eiweißgehaltes, aber Verminderung der mineralischen Bestandteile. Über die Eiweißbefunde kann ich nach meinen bisherigen Ergebnissen nicht urteilen (vgl. S. 277f); daß aber eine Verminderung des Kochsalzes die Regel wäre, ist jedenfalls auszuschließen; das Zusammengehen der Eiweißvermehrung mit Verminderung der mineralischen Bestandteile, welche ja hauptsächlich durch das NaCl repräsentiert werden, wäre nach unseren Befunden (S. 266) bei gereizten Glaukomaugen durchaus verständlich. Jedenfalls aber kommt bei Glaukomaugen gar nicht selten sogar sehr hoher Koch-

\*) Vgl. Fußnote auf S. 258.

salzgehalt im Kammerwasser vor, wobei gelegentlich der intraokulare Druck plötzlich ansteigt (Fall VII 2).

Zur Entscheidung der in der Einleitung aufgeworfenen Frage, ob erhöhter Kochsalzgehalt in Glaukomaugen vorkommt, wären zuverlässige Untersuchungen mit Doppelbestimmungen, also vor allem ausreichende Mengen von Kammerwasser nötig. Leider ist dies gerade bei Glaukomen mit ihrer bekanntlich seichten Vorderkammer selten möglich. Die zwei ganz unbehandelten Glaukomaugen, deren Kammerwasser ich auf ihren Kochsalzgehalt untersuchen konnte — und es kommen für die Entscheidung der Frage selbstverständlich vor allem völlig unbehandelte Augen, also auch ohne Pilocarpinvorbehandlung, in Betracht — ergaben nur 103 bzw. 86 mg Kammerwasser. Doppelbestimmungen waren daher nicht möglich und die erhaltenen Werte sind somit nicht sehr beweisend. Ich gebe sie deshalb nur auf zwei Dezimalen abgekürzt wieder und möchte aus der Tatsache, daß sie an der oberen Grenze des normalen Durchschnittes liegen, bzw. denselben eben überschreiten, keine zu weitgehenden Schlüsse ziehen\*).

Es sind an 14 Glaukomaugen, die noch nicht operativ angegangen waren, aber schon unter Pilocarpinwirkung standen, 4 operierten Augen und bei 5 Sekundärglaukomen Bestimmungen des Kammerwasser-NaCl ausgeführt worden. Hierbei fanden sich

	normale	übernormale	unternormale
NaCl-Werte bei kompensiertem Glaukom	3	2	1
inkompensiertem Glaukom	0	2	1
absolutem Glaukom	3	0	3
Buphthalmus	0	1	1
operierten Augen	0	3	1
Sekundärglaukom	3	2	0

Bei 26 Untersuchungen lagen neunmal die Kochsalzwerte der glaukomatösen Kammerwässer im Bereich des normalen Durchschnittes: diese 9 Fälle verteilen sich auf 3 kompensierte, 3 absolute und 3 Sekundärglaukome.

Die übernormalen Werte überwiegen nicht; sie kommen bei allen Glaukomarten außer bei absolutem nicht operiertem Glaukom vor.

Als übernormale Kochsalzwerte bezeichnete ich die über 0,72%. Sie fanden sich zweimal unter 6 kompensierten Glaukomen, das eine Mal bei Tension 36 (noch nie Pilocarpin), das andere Mal bei Tension 55 (vorher viel Pilocarpin). Ferner zeigten übernormale

\*) Während für die in Betracht kommenden Konzentrationen bei einer Menge von 100 mg Kammerwasser ein Tropfen der zur Titration verwendeten Silberlösung einen Unterschied von 0,01% NaCl bedeutet, bewirkt derselbe Fehler (ein Tropfen mehr oder weniger) bei 25 mg Substanz schon einen Unterschied von mehr als 0,04%. Aus diesem Grunde sind die bei Werten tief unter 100 mg Kammerwasser gefundenen Kochsalzzahlen sehr vorsichtig zu verwenden, vgl. S. 261.

Kochsalzwerte: 2 inkompenierte Glaukomaugen, leider ebenfalls ohne Doppelbestimmungen; ein Auge mit familiärem Buphthalmus (Doppelbestimmung); zwei Sekundärglaukome — eines bei Leukoma adhaerens und eine mehrmals wegen der Drucksteigerung operierte Keratitis parenchymatosa, ebenfalls ohne Doppelbestimmungen. Von 4 operierten Glaukomaugen zeigten 3 übernormalen Kochsalzgehalt: am deutlichsten ein vor 40 Tagen zyklodialysiertes Auge mit absolutem Glaukom, welches nach der Operation gut entspannt war, sodann aber einen plötzlichen Druckanstieg bekam. Dieser Wert ist wie die zwei anderen bei den operierten Augen ebenfalls nicht durch Doppelbestimmung erhärtet. Die 2 anderen Fälle betreffen: ein lange pilocarpinisirtes Auge mit absolutem Glaukom, welches bei der ersten Punktion 0,642%, bei der zweiten 0,737% Kochsalz aufwies. Dieser deutliche Unterschied in einem Zwischenraum von 2 Tagen kann für den Ersatz einer kochsalzreicheren Flüssigkeit vom Glaskörper her sprechen\*). Knapp über der oberen Grenze des Normalen lag der Kochsalzgehalt eines Kammerwassers von einem absoluten Glaukomaugen, welches seit 5 Jahren durch eine Zyklodialyse sehr ausgiebig entspannt war.

Was die unternormalen Werte betrifft, so möchte ich vor allem bemerken, daß der einzige unternormale Wert bei kompensiertem Glaukom einem vor 5 Jahren staroperierten Auge angehört.

Bei allen Augen, deren Gefäße durchlässiger sind, oder bei denen vor nicht zu langer Zeit eine Blutung eingetreten ist, oder bei denen vor weniger als 2 Wochen größere Kammerwassermengen abgeflossen sind, können wir nach unseren Erfahrungen auf einen verminderten Kammerwasserkochsalzgehalt rechnen. Die drei unternormalen Werte beim absoluten Glaukom (leider alle ohne Doppelbestimmung) sind in diesem Sinne wohl bei der schweren Schädigung solcher Augen verständlich; beim inkompenierten Glaukom hätte ich aus demselben Grunde häufiger niedrigere Kochsalzwerte erwartet, fand aber meine Vermutung unter 3 Fällen nur einmal bestätigt. Der niedrigere Kochsalzwert eines auf entzündlicher Grundlage glaukomatösen Auges (VI. e. 2.) ist in diesem Sinne verwertbar; bei den sonstigen Sekundärglaukomen (Tabelle VIII) sind keine unternormalen Kochsalzwerte vorgekommen.

Die operierten Glaukomaugen möchte ich nochmals gesondert betrachten. Es waren 4 Augen, leider nur bei einem, vor 3 Wochen

---

\*) Neuerdings präzisiert Hagen<sup>41)</sup> seine Meinung über den Ersatz des menschlichen Kammerwassers dahin, daß nur die in den ersten Minuten nach der Entnahme in der Vorderkammer auftretende Flüssigkeit aus dem Glaskörper stamme, während er später einen Ersatz aus dem Blut (durch Ziliarkörper oder Iris oder beide) gelten läßt.

zyklodialysierten, Doppelbestimmung möglich; Kochsalzwert unterhalb des normalen Durchschnittes (Tension 35). Bei den 3 anderen, vor 2 bzw. 40 Tagen, bzw. 5 Jahren operierten Augen war der Kochsalzgehalt höher als der normale Durchschnitt, das eine Mal sogar um 0,1%, allerdings aus einer sehr kleinen Kammerwassermenge berechnet (Tension 50).

Bei 5 Augen mit Sekundärglaukom aus verschiedenen Ursachen konnte leider nur einmal eine Doppelbestimmung gemacht werden; zwei Werte sind wegen der gar zu geringen Kammerwassermengen kaum verwertbar, doch ist ihre Höhe jedenfalls auffallend. Die übrigen drei Werte liegen in der Gegend des bei den normalen Augen gefundenen Durchschnittes.

Ungleiche NaCl-Werte am rechten und linken Auge desselben Patienten wurden mehrmals beobachtet. Entweder lagen wie bei Fall VI a 1. = VI b 1. beide Werte über dem Normalen, oder es hatte wie bei Fall VI a 2. ein Kammerwasser normalen, das der anderen Seite unternormalen Kochsalzgehalt, oder es hatte wie bei Fall VII 2. das eine übernormalen, das andere unternormalen NaCl-Gehalt.

Eine feste Beziehung zwischen Augendruck und Kochsalzgehalt ist nicht nachweisbar, doch schien es gelegentlich, als würde ein akuter Anstieg des Druckes mit der Erhöhung des Kammerwasserkochsalzgehaltes zusammengehen.

Alle hohen Werte bis auf einen haben leider den Fehler, daß keine Doppelbestimmungen gemacht werden konnten. Ich möchte daher, solange ich es nicht einwandfrei mit Doppelbestimmungen festgestellt habe, vorläufig mit aller Reserve annehmen, daß das Kammerwasser von glaukomatösen Augen wirklich gelegentlich so hohe NaCl-Werte aufweist, wie sie bei normal gespannten Augen nie vorkommen. Nur in dem Falle VI e 1., Buphthalmus, der bei wiederholter Entnahme größerer Kammerwassermengen immer wieder höhere NaCl-Werte aufwies, sind dieselben durch Doppelbestimmungen erhärtet und ich halte daher diese Werte für einwandfrei und sehr wichtig im Sinne der in der Einleitung ausgeführten Überlegungen. Allerdings dürfen wir aus der Vermehrung der Chlorionen allein nicht mit Sicherheit auf eine Erhöhung des osmotischen Druckes schließen, da ja allenfalls andere Anionen oder andere Krystalloide in verminderter Menge anwesend sein könnten. Auch hier müßten Bestimmungen des osmotischen Druckes selbst die endgültige Entscheidung bringen.

In diesem Zusammenhang ist es nicht uninteressant zu beachten, daß Ask (l. c.) in Augen mit Prodromalgaukom „verhältnismäßig hohe“ Werte für den Zuckergehalt gefunden hat, während er in glaukomatös degenerierten Augen, sowie in solchen, „bei denen

eine Stagnation der Augenflüssigkeit wahrscheinlich erscheint“, Verminderung der Zuckerwerte fand. Obwohl für den Zuckergehalt der Körperflüssigkeiten nicht dieselben Gesichtspunkte wie für den Kochsalzgehalt in Betracht kommen, sei auf diese Parallele hier kurz hingewiesen.

#### 4. Pathologische Glaskörper.

Nr.	Geschl.	Alter	Diagnose	Gewog. Menge in mg	NaCl-%
1.	W.	13 J.	Leukoma adh. nach Blattern, Aphakie, bei d. Keratoplastik kommt flüssiger Glaskörper; etwas mehr als 0,1 ccm wird mit trockener Spritze aus dem Glaskörperraum selbst aspiriert. Keine sichtbare Blutung aus den Hornhautgefäßen. . . . .	105	0,701
2.	W.	28 J.	Leukoma adh., Glauco. sec., Amaurose; nach Enucleation sofort Lanzenschnitt nahe dem Opticus, klare farblose Flüssigkeit tropft direkt auf das vorher gewogene Filterpapier (Fall VIII 3). . . . .	109 145	0,713 0,718
3.	M.	20 J.	Panophthalmie (Fall III, 5) nach Enucleation Lanzenschnitt nahe Opticus, gelbliche trübe stark visköse Flüssigkeit auf vorher gewogenes Filterpapier tropfend . . . . .	203 184	0,579 0,582
4.	M.	11 J.	Glaskörperblutung nach Skleralperforation vor 35 Tagen. Aus der Wunde klare, zart gelbgrüne Flüssigkeit abgesaugt . . . . .	117	0,715
5.	M.	19 J.	Spontane Glaskörperblutung. Nach mehreren Wochen beim Glaskörperersatz zart trübe etwas rötliche Flüssigkeit gewonnen . . . . .	100 122	0,702 0,695
6.	M.	20 J.	Glaskörperblutung nach Skleralperforation. Glaskörperersatz. 4 Wochen später ca. 0,3 ccm zart flockige grüngelbliche Flüssigkeit abgesaugt . . . . .	124 123	0,655 0,642

Bei den 8 Fällen, in welchen ich in schwerer veränderten Augen den Kochsalzgehalt des Glaskörpers bestimmen konnte, war es leider nur zweimal möglich, gleichzeitig das Kammerwasser zu untersuchen, und zwar bei zwei enucleierten Augen, bei welchen die Befunde nicht so überzeugend sind, wie wenn die Entnahme in situ erfolgt wäre. Doch ist begrifflicherweise die Indikation für solche Paralleleingriffe im Glaskörper und in der Vorderkammer beim Menschen beinahe gleich Null.

Bei einem verflüssigten Glaskörper unter einem Leukom nach Blattern (Aphakie) und bei einem Leucoma adhaerens nach der Enuc-

leation ergaben die äußerlich normal aussehenden Glaskörperproben einen Kochsalzgehalt, welcher in den Grenzen des für die normalen Kammerwässer bestimmten Kochsalzgehaltes lag. Ähnliche Werte gaben auch zwei durchblutete Glaskörper (Fall 4, 5), welche aber schon makroskopisch durch ihre Farbe als nicht normal gekennzeichnet waren. Ein Glaskörper nach „Glaskörperersatz“ und besonders der des oben erwähnten Panophthalmieauges ergab geringe Kochsalzwerte. Die Herabsetzung des Kochsalzwertes in solchen Glaskörpern ist ebenso zu deuten wie beim Kammerwasser: infolge des geringeren Kochsalzgehaltes im Blutplasma wird durch Blutung oder Entzündung der Kochsalzgehalt des normalen Glaskörpers herabgesetzt. Wenn also aus solchen Glaskörpern, wie wir jetzt wohl als erwiesen annehmen können<sup>41)</sup>, das Kammerwasser ersetzt wird, ist es sehr verständlich, daß dieses zweite Kammerwasser kochsalzärmer ist als das erste.

### 5. Refraktometerwert und NaCl-Gehalt.

#### A. Normale Refraktometerwerte.

Nr.	Geschl.	Alter	Diagnose	Refr.	NaCl-%
1.	M.	25	Nachstar, vor 16 Jahren Schichtstar operiert (Fall I. A 5.)	20,5	0,707 0,699
2.	M.	80	Cataract (Fall II. 5.)	20,1	0,646
3.	W.	15	Stauungspapille (Fall IV. 1)	19,9	0,598 0,596
4.	M.	45	Embolie (Fall IV. 2)	20,5	0,654 0,644
5.	M.	65	Glauc. compens. (Fall V. 1)	20,3	0,73
6.	W.	68	Glauc. compens. (Fall VI. a. 4)	20,2	0,626 0,619
7.	W.	18	Buphthalmus (spätere Punktion Fall VI e.1)	20,7	0,736 0,745

#### B. Erhöhte Refraktometerwerte.

1.	W.	18	Keratitis parenchymatosa (Fall III. 6)	21,6	0,635 0,644
2.	W.	64	Absol. Glauk. (Fall VI. d. 4)	22,0	0,65
3.	W.	16	Stat. post Krönlein. 6 Vk.-Punktionen innerhalb 24 Std. (vgl. Diagramm Nr. 4)	27,5	0,64
4.	M.	62	Kat. traum. (Fall III, 3)	25,8	0,611 0,605
5.	M.	26	Iritis (tbc? Go?) (Fall III. 2)	26,4	0,670
6.	M.	19	Iritisluet. (Fall III, 1)	21,8	0,639

Fragen wir uns, inwiefern die gefundenen Schwankungen des NaCl-Gehaltes auf den Refraktometerwert einwirken, so ergibt sich folgendes:

Bei sonst gleicher Zusammensetzung bewirkt eine Zunahme um 0,1% Kochsalz eine Steigerung des Refraktometerwertes um 0,458 Teilstriche. Nehmen wir als normalerweise vorkommende Kochsalzwerte

0,69—0,72% an, so bedeutet das Schwankungen von  $0,0458 \cdot 3 = 0,1374$  Teilstriche. Das heißt also: die beiden als normal zu betrachtenden Kammerwässern vorkommenden NaCl-Schwankungen ergeben refraktometrisch Unterschiede, die die Fehlergrenzen dieser Methode eben überschreiten und schon ablesbar sind. Handelt es sich dagegen um Unterschiede wie zwischen den Fällen I. 3 z. B. und III. 3, so kommen schon größere Ausschläge in Betracht. Die der Differenz zwischen Blutplasma und Kammerwasser entsprechenden Unterschiede von NaCl bedeuten 0,458, also fast 5 Zehntelteilstriche der Refraktometerskala!

Wessely hat vor kurzem darauf hingewiesen, daß die Refraktometerwerte Eiweißveränderungen vortäuschen können, wo Salzschwankungen vorliegen. In diesem Sinne ist es interessant zu bemerken, daß z. B. der Refraktometerwert des Falles A, 3 sehr niedrig ist, und daß bei diesem Kammerwasser auch der NaCl-Wert der niedrigste der Reihe war. Dagegen zeigt Fall A, 7 mit hohem Kochsalzgehalt auch einen auffallend hohen Refraktometerwert\*). In diesen beiden Fällen ist eine Abhängigkeit des Refraktometerwertes vom Kochsalzgehalt nicht von der Hand zu weisen. In den Fällen der Tabelle B hingegen ist aus dem Refraktometerwert auf den Kochsalzgehalt kein Schluß möglich und die Erhöhungen sind, mit Sicherheit besonders bei Fall 3 und 5, auf Eiweißvermehrung des Kammerwassers zu beziehen.

Auf diese letztere wird noch im Kapitel „Regeneration des menschlichen Kammerwassers“ zurückzukommen sein.

Es hatten also, wie schon Tabelle III zeigte, sämtliche gereizte Augen einen geringeren Kochsalzgehalt als die normalen Augen, aber kaum einen niedrigeren Kochsalzgehalt als Blutserum oder Blutplasma, welchem letzteren sie sich in verschiedenem Grade annäherten. Dagegen war der Eiweißgehalt dieser vorher nie operierten Augen (Tabelle III) durchwegs deutlich oder sogar stark erhöht. Zwischen dem Grade der Eiweißvermehrung und dem Defizit gegen den normalen Kochsalzgehalt bestand im allgemeinen kein Parallelismus. Es wäre aber auch verfehlt zu glauben, daß überhaupt geringer Kochsalzgehalt und vermehrter Eiweißgehalt stets zusammengehen. Die Tabelle A zeigt unter 7 Augen mit annähernd normalem Refraktometerwert 4 Augen mit vermindertem Kochsalzgehalt. Auf die Glaukomaugen werde ich vorerst nicht eingehen, da von ihnen später (S. 277 f.)

---

\*) Einer Zunahme von 0,04% NaCl entspricht eine Erhöhung des Refr. um 0,18 Teilstriche, also von etwa 20,5 auf 20,7, wie im Falle A. 7; einer Abnahme um 0,1% NaCl entspricht eine Abnahme des Refr. um 0,46 Teilstriche, also rund von 20,5 auf 20,0, vgl. Fall A. 3. Dieses stimmt natürlich nur unter der Voraussetzung, daß sonst alles unverändert bleibt, was nicht sehr wahrscheinlich ist.

die Rede sein wird. Es bleibt dann ein Auge nach Embolie, eines mit Stauungspapille und eines mit seniler Katarakt; für diese Fälle müssen wir beachten, daß der normale oder fast normale Refraktometerwert kein Beweis für den normalen Eiweißgehalt ist, da bekanntlich erst Eiweißmengen von 0,1% aufwärts im Refraktometer sichere Ausschläge geben, während das normale Kammerwasser etwa  $\frac{1}{3}$  dieser Menge enthält.

Es könnte also die normale Eiweißmenge zwei-, ja dreimal überschritten werden, ohne daß wir durch das Refraktometer hiervon Kunde bekommen. Wir könnten uns bei Fall A 4 (Embolie der Zentralarterie und Netzhautblutung) sehr wohl vorstellen, daß ähnlich wie bei den „gereizten Augen“ Blutbestandteile in das Kammerwasser eingedrungen sind, daß daher das Kammerwasser etwas weniger Kochsalz und trotz des niedrigen Refraktometerwertes etwas mehr Eiweiß enthält. Bei Fall A 2, senile Katarakt, ist diese Deutung etwas gekünstelt, immerhin wäre hier mit Rücksicht auf mögliche Gefäßschädigungen — 80 Jahre alt! — noch an eine solche Erklärung zu denken. Nur sei hier bemerkt, daß ein Kammerwasser eines Kataraktauges einer 60jährigen Frau ebenfalls geringen NaCl-Gehalt aufwies; dieses Kammerwasser konnte aber nicht refraktometriert werden. Bei Fall A 3, Stauungspapille, könnte man daran denken, daß im Laufe des Bestehens der Stauungspapille aus dem Sehnerven Flüssigkeit in das Auge eingedrungen sei, deren Zusammensetzung von der des Kammerwassers abweicht.

Andererseits zeigt die Tabelle B durchwegs verminderten Kochsalzgehalt des Kammerwassers, so daß wohl als Regel aufgestellt werden kann: jede stärkere Vermehrung des Eiweißgehaltes des Kammerwassers ist mit einer Verminderung des Kochsalzgehaltes verbunden.

Diesen Umstand müssen wir in allen jenen Fällen berücksichtigen, wo wir bei vergleichenden Bestimmungen im Kammerwasser gleiche Refraktometerwerte bekommen haben. Abgesehen davon, daß kleinere Eiweißzunahmen von dem Refraktometer nicht angezeigt werden, können ihm auch größere Eiweißzunahmen dadurch entgehen, daß der verminderte Kochsalzgehalt einen Anstieg des Refraktometerwertes verhindert, wie ja Wessely schon betont hat. Daß die bei menschlichen Kammerwässern tatsächlich vorkommenden Kochsalzschwankungen ganz erhebliche Eiweißveränderungen refraktometrisch verdecken können, ist aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich. Die Zahlen dieser Zusammenstellung stammen nicht von einem wirklich untersuchten Fall, sondern sind aus den von mir gefundenen NaCl-Werten einerseits und den Angaben der Literatur andererseits zusammengesetzt.

## Gleicher Refraktometerwert zweier menschlicher Kammerwässer.

a) Normales		b) Gereiztes	
Substanz %	Refr.-Teilstriche	%	Refr.-Teilstriche
H <sub>2</sub> O	15,00		15,00
NaCl 0,7	3,20*)	0,6	2,75
Eiweiß 0,02	0,11**)	0,10	0,55
Salze außer NaCl, organische			
Substanzen außer Eiweiß	1,70***)		1,70
Refr. Kammerwasser (normal)	20,01	(gereizt)	20,00

Diese Tabelle soll nur zeigen, daß zwei Kammerwässer denselben Refraktometerwert haben können und trotzdem der Eiweißgehalt des gereizten Auges den des normalen fünffach übertreffen kann, wenn die von mir gefundene Verminderung des Kochsalzgehaltes in Rechnung gezogen wird und die übrigen Bestandteile gleichgeblieben sein sollten.

Das letztere ist nun einstweilen nicht beweisbar und es ergibt sich daher, daß wir auch nach Bestimmung des Eiweißgehaltes allein bzw. des Kochsalzgehaltes allein aus dem Refraktometerwert nicht auf den Kochsalzgehalt bzw. Eiweißgehalt des Kammerwassers zurückschließen dürfen. Der Antagonismus zwischen Kochsalz- und Eiweißgehalt wird aber in Hinblick bei Kammerwasseruntersuchungen zu beachten sein.

Jaeger-Kletzinsky fanden insofern etwas Ähnliches, als die zwei eiweißreichsten Kammerwässer ihrer Tabelle gleichzeitig die salzärmsten waren†), doch haben sie dieser Tatsache keine besondere Bedeutung beigelegt. Am meisten „eiweißartige Substanzen“ enthielten nach Kletzinsky die Kammerwässer der Fälle:

	KW. mg	Eiweißartige Substanzen	NaCl
5. Zentralamaurose	221,6	0,7645 %	0,0385 %
10. Chorioiditis	680,9	2,2882 %	0,1012 %

Der Eiweißgehalt der zwei normalen Kammerwässer wird von Jaeger und Kletzinsky in ziemlicher Übereinstimmung mit neueren Angaben auf 0,0456% angegeben.

Dagegen zeigten gleichsinnige Erhöhung des Eiweiß- und des NaCl-Gehaltes folgende Fälle Jaegers:

6. Glaukom	126	0,6708 %	0,8334 %
7. Kerat. parenchym.	321,65	0,2218 %	0,8754 %

\*) 1% NaCl . . . . . 4,58 Teilstriche.

\*\*) 1% Eiweiß . . . . . 5,5 Teilstriche.

\*\*\*) Dieser Wert ist durch Subtraktion der übrigen von dem normalen Kammerwasserwert gewonnen, als solcher natürlich vollkommen unbewiesen, ebenso wie sein Gleichbleiben beim gereizten Kammerwasser nur der Einfachheit halber angenommen wird, wofür der Beweis erst zu erbringen wäre.

†) Die Gewichts Differenz zwischen dem mit ätherisiertem Alkohol erschöpften Trockenrückstande und der Asche wurde als Proteinat in Rechnung gebracht.

Uribe y Troncoso<sup>40)</sup> soll in Glaukomaugen eine „relativ große Menge Albumin“, Erhöhung des spezifischen Gewichtes und des Gehaltes an organischen Stoffen, gleichzeitig aber Verminderung der mineralischen Bestandteile gefunden haben. Leider ist mir die Originalarbeit nicht zugänglich und ich weiß nicht, ob es sich um Kochsalzverminderung handelte, welche mit der Eiweißvermehrung regelmäßig vergesellschaftet war.

Was unsere Glaukomfälle betrifft, so finden wir bei zwei kompensierten Glaukomen und bei dem jugendlichen Buphthalmus annähernd normalen Refraktometerwert, wobei der letztere und eines der kompensierten Glaukome erhöhten, das andere kompensierte verminderten Kochsalzgehalt aufwies. Ein absolutes Glaukom zeigte hingegen bei vermindertem Kochsalzgehalt erhöhten Refraktometerwert.

Mein Chef hatte dem Refraktometerwert des Glaukomkammerwassers vor Beginn der vorliegenden Untersuchungen besondere Beachtung geschenkt und hatte die Güte, mir nunmehr seine bisherigen Beobachtungen zur Verfügung zu stellen. Ich zitiere daraus folgende Fälle:

#### Refraktometerwerte des Glaukomkammerwassers.

	Diagnose	Geschlecht	Alter	Auge	Refr.
1.	Kompensiertes Glaukom	M.		R.	20,0
2.				L.	20,0
3.	Kompensiertes Glaukom	M.	61	R.	20,8
4.				L.	20,4
5.	Nach Operation kompens. Glauk.	W.	39		20,6
6.	Inkompensiertes Glaukom	W.	(T = 45 trotz Pilokarpin 19,7*)		
7.	Hydrophthalmus		(T = 30 trotz Eserin) 8 Mon.		20,8
8.	Absolutes inkomp. Glaukom	M.	56		28,0
9.	Absolutes inkomp. Glaukom	W.	32		22,6

Obwohl wir aus den Refraktometerwerten nicht zu viel schließen dürfen, sprechen doch die niedrigen Werte bei kompensiertem, inkompensiertem Glaukom und beim Hydrophthalmus gegen eine stärkere Eiweißvermehrung im Glaukomkammerwasser. Der Wert des Hydrophthalmus ist fast derselbe wie ich ihn später bei dem 18jährigen Mädchen mit Hydrophthalmus gefunden habe. Bei letzterem Fall war der Kochsalzgehalt des Kammerwassers dauernd erhöht und ich glaubte daher die Erhöhung des Refraktometerwertes wenigstens zum Teil hierauf beziehen zu müssen. Ob im vorliegenden Fall dasselbe gilt, kann ich mangels einer Kochsalzbestimmung nicht behaupten. Dagegen dürften die hohen Refraktometerwerte bei den absoluten

\*) Bei dieser Ablesung ist vermerkt, daß sie nicht ganz genau war, offenbar zu wenig Kammerwasser, so daß der Grenzstrich verwischt erschien.

Glaukomen jedenfalls für Eiweißvermehrung sprechen. Auch bei dem absoluten Glaukom meiner Tabelle war der Refraktometerwert höher und der Kochsalzgehalt lag unter der Grenze des Normalen. Ob wir in diesem Falle die Erhöhung des Eiweißgehaltes nach Uribe y Troncoso für die Ursache der Drucksteigerung ansehen sollen oder ob sie nicht eher die Folge der Gefäßschädigungen durch das Glaukom ist, wäre schwer zu entscheiden. Sicher ist, daß ebenso hohe und höhere Refraktometerwerte des Kammerwassers vorkommen, ohne daß Drucksteigerung eintritt; die beim absoluten Glaukom auftretenden Gefäßschädigungen können allein für die Erklärung des vermehrten Eiweißgehaltes ausreichen, welcher dann dem in nichtglaukomatösen gereizten Augen analog wäre.

Die Untersuchungen über den Eiweißgehalt des Kammerwassers sollen mit feineren Methoden fortgesetzt werden.

#### 6. NaCl-Gehalt im Blut und Kammerwasser.

In 2 Fällen bestimmte ich bei Patienten mit normalem vorderen Bulbusabschnitt den Kochsalzgehalt des Blutes und den des Kammerwassers.

Nr.	Geschl.	Alter	Diagnose	Serum		KW.
				gewog. Menge	NaCl %	NaCl %
1.	Mann	36 J.	Tabische Atr. n. o. u.	112	0,590	0,708
			Myopie (Fall I, 3)	129	0,588	0,718
2.	Weib	39 J.	Tabische Atr. n. opt. u.	110,5	0,611	0,711
			Fall I. l., spätere Vk. Punction	113	0,605	

Das Blut wurde durch Venenpunktion ohne Stauung in eine kleine Epruvette gewonnen, die Epruvette geschlossen, nicht zentrifugiert und das spontan abgeschiedene Serum verarbeitet. Die Entnahme erfolgte vor dem ersten Frühstück, um Schwankungen durch die Nahrungsaufnahme möglichst zu vermeiden.

Die NaCl-Bestimmung wurde nach Bang ausgeführt, nachdem ich mich durch Parallelbestimmungen überzeugt hatte, daß ich die Methode hinreichend genau ausführe: von derselben Blutentnahme bestimmte ich den Kochsalzgehalt eines Gesamtblutes nach Bang, während Kollege Muck im medizinisch-chemischen Institut die Untersuchung nach Carius vornahm.

Cl-Bestimmung nach Carius:

Die Substanz wird im Bombenrohr mit konzentrierter Salpetersäure und  $\text{AgNO}_3$  auf  $250^\circ$  erhitzt, hernach destilliertes Wasser zugesetzt, abfiltriert, das  $\text{AgCl}$  gewogen. Bei dieser Methode wird auch etwa organisch gebundenes Chlor aus der organischen Bindung befreit und als  $\text{AgCl}$  bestimmt.

Muck fand:	I. Einwage	1,7504 g	Blut
	AgCl	0,0215 g	
	entspricht	0,005319 g	Cl
	entspricht	0,304%	Cl
	entspricht	0,501%	NaCl

II. Einwage	1,4041 g	Blut
AgCl	0,0172 g	
entspricht	0,004255 g	Cl
entspricht	0,303%	Cl
entspricht	0,500%	NaCl

Ich selbst fand bei derselben Blutentnahme (W., Glauc. incompens.)

nach Bang: in 124 mg	. . . . .	0,495% NaCl
in 129 mg	. . . . .	0,491% NaCl.

Sämtlich vier Werte zeigen somit eine genügende Übereinstimmung.

Ob die Differenz zwischen den Bang-Titrationswerten und den nach Zerstörung der organischen Substanz gefundenen Werten (0,01% NaCl) auf dem Analysenfehler der Bangschen Bestimmung oder darauf beruht, daß durch Titration ohne Zerstörung der organischen Substanz vielleicht nicht alle Chloride nachgewiesen werden, soll hier nicht erörtert werden.

Da sich dieselben Unterschiede zeigten, welche nach den bisherigen Literaturangaben zu erwarten waren — der Kochsalzgehalt des Kammerwassers übertrifft den des Blutes um ca. 0,1% NaCl — wurden diese Bestimmungen nicht fortgesetzt.

**Kochsalzgehalt im Blute und im Kammerwasser bei Glaukom.**

Nr.	Geschl.	Alter	Diagnose	Serum		Kammerwasser
				gew. Menge	NaCl %	NaCl %
1.	W.	35	Gl. comp. o. u. (Fall VI. a 2.)	104	0,566	R. 0,703
				80	0,571	L. 0,672
2.	M.	65	Gl. comp. o. u.	124	0,560	0,73
				118	0,562	
3.	W.	50	Gl. comp. R; abs. L (Fall VI d. 2 = VII. 2)	121	0,538	R. 0,80
				106	0,532	L. 0,59
4.	M.	68	Gl. comp. R; incomp. L.	130	0,477	0,75
				101		
5.	M.	60	Gl. incomp.	124	*) 0,475	0,65
				129		
6.	M.	64	Gl. incomp.	102	0,600	0,669
				129	0,598	0,673
7.	W.	64	Gl. absol. T = 65 (Fall VI. d. 4)	90	0,542	0,65
				98	0,546	

**Glaukome. Kochsalzgehalt im Serum (im Kammerwasser nicht bestimmt).**

Nr.	Geschl.	Alter	Diagnose	Tension	Gewogene	
					Serummenge	NaCl-Gehalt
1.	M.	64	Gl. comp.	immer 30 oder darunter	116	0,553
					124	0,560
2.	W.	54	Gl. comp.	hoch, nach Zyklodialyse gut entspannt	126	0,522
					80	0,526
3.	W.	48	Gl. comp.	zw. 70 und 30	134	0,615
					24	123
4.	M.	30	Gl. incomp.	14	192	0,571
				70	117	0,574
5.	W.	52	Gl. incomp.	30	104	Ges. 0,438
				40	95	Blut 0,435

\*) Diese vier Zahlen betreffen Cl-Bestimmungen im Gesamtblute.

Bei 12 Glaukopatienten wurde der Kochsalzgehalt des Blutes [9 mal im Serum, 3 mal im Gesamtblute\*)] bestimmt; in 7 Fällen war ein Vergleich mit dem Kochsalzgehalte des am selben Tage kurz nachher oder vorher entnommenen Kammerwassers möglich.

Nehmen wir einen NaCl-Gehalt im Blutserum von 0,5—0,6%, im Gesamtblut 0,4—0,5 als normal an, so lagen sämtliche gefundenen Werte mit Ausnahme eines einzigen im Bereich des Normalen.

Dieser eine Fall war eine 48jährige Frau mit primärem kompensierten Glaukom, deren Blutserum-Kochsalzgehalt (Doppelbestimmung) 0,615 bzw. 0,627 betrug. Nach den Auseinandersetzungen in der Einleitung hätten wir öfter unternormale Werte erwartet, doch ist natürlich auch nicht zu verlangen, daß die für die glaukomatöse Drucksteigerung etwa maßgebende Veränderung der osmotischen Verhältnisse dauernd nachweisbar bleibe. Sie kann ja auch, wenn sie überhaupt in Betracht kommt, nur den Anstoß zu dem glaukomatösen Prozeß geben, dessen weitere Entwicklung durch die inzwischen auftretenden lokalen sekundären Veränderungen besorgt wird. In analoger Weise haben wir auch bei den Experimenten Hertels und Scalincis gesehen, daß mit dem Wirksamwerden der künstlich erhöhten Blutkonzentration auf den Augendruck auch schon der Ausgleich der osmotischen Differenzen nachweisbar wird, d. h. das Kammerwasser ebenfalls konzentriert worden ist (S. 256).

Der unteren Grenze des Normalen lag der Kochsalzgehalt des Blutserums in 3 Fällen näher, und zwar bei einem inkompensierten (Gesamtblut), einem kompensierten und einem Falle von absolutem bzw. kompensiertem Glaukom.

Der oberen Grenze des Normalen näherte sich der Serum-Kochsalzwert ebenfalls dreimal und zwar bei drei inkompensierten Glaukomen.

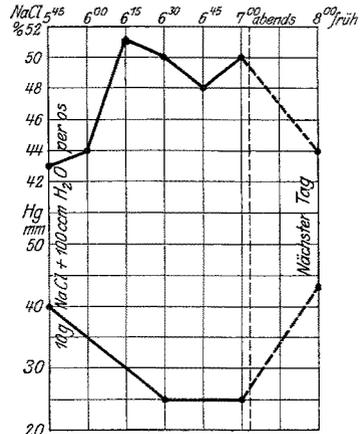
Eine Gruppierung der Fälle nach Kammerwasserkochsalzgehalt einerseits und Blutkochsalzgehalt andererseits ergab keine Regelmäßigkeiten. Vielleicht ergeben sich solche nach Untersuchung weiterer Fälle, besonders frischer Glaukomaugen in frühen Stadien der Erkrankung.

Ich habe bei Glaukomkranken, welchen zu therapeutischen Zwecken größere NaCl-Mengen in wenig Wasser per os gegeben wurden, den Kochsalzgehalt des Blutes vor und nach der NaCl-Verabreichung bestimmt.

Bei einer 45jährigen Frau mit inkompensiertem Primärglaukom (L. A. T = 40 mm trotz Pilocarpin) wurde um 5 Uhr nachmittags (6 Stunden nach der letzten Mahlzeit) die erste Blutprobe zur Kochsalzbestimmung entnommen (Gesamtblut), 5 Uhr 45 Minuten der Druck des linken Auges zum erstenmal gemessen, hierauf

\*) Aus der Fingerbeere entnommen, sofort gewogen.

10 g NaCl in 300 ccm Wasser getrunken, aus den Fingerbeeren um 5,30, 6, 6,15, 6,30, 6,45, 7 Uhr, sowie am nächsten Tage Blut zur Kochsalzbestimmung entnommen. Der Augendruck wurde um 6 Uhr 30 Minuten, um 7 Uhr, sowie am nächsten Tage gemessen. Das Diagramm gibt den Verlauf des NaCl-Gehaltes im Blute und des Augendruckes wieder.



Glauk. m. Kochsalzzufuhr per os. Blutkochsalzvermehrung und Augendruckabfall.

Derartig hohes Ansteigen des Blutkochsalzgehaltes habe ich aber in keinem zweiten Falle beobachten können. Manchmal war trotz Verabreichung ebenso großer NaCl-Gaben überhaupt keine Veränderung im Blutkochsalzwert nachweisbar: in diesen Fällen arbeitet der Regulationsmechanismus eben mit größerer Präzision und Schnelligkeit, es wird der dem Blut eigentümliche Kochsalzgehalt und damit die Isotonie sehr rasch wieder hergestellt — bei dem entgegengesetzten Verhalten scheint irgendwie der Salzwechsel innerhalb des Körpers gestört zu sein und vielleicht haben wir in solchen Störungen eine Disposition zu Glaukom zu sehen: ebenso wie im Blut ein sehr hoher Anstieg erfolgt, der frühere NaCl-Gehalt erst später wieder erreicht wird, könnte vielleicht auch im Auge die Regulation des Salzwerthes in einer nicht näher definierbaren Weise gestört sein in dem Sinne, daß der zu starken Konzentration des Kochsalzes nicht entsprechend entgegengearbeitet wird. Die Befunde einiger Kammerwässer und insbesondere der immer hohe Kochsalzwert trotz wiederholter Operationen beim Buphthalmus (S. 268) sprechen dafür, daß sich das Glaukomauge hier anders verhält als das normale, dessen NaCl-Wert nach wiederholter Punction herabgeht\*).

\*) In früheren Untersuchungen hatte ich<sup>42)</sup> gefunden, daß die Senkungsgeschwindigkeit der roten Blutkörperchen<sup>43)</sup> bei Glaukomkranken häufig vergrößert ist und habe damals die Frage offen lassen müssen, ob eine Verminderung des Salzgehaltes des Blutes oder eine Vermehrung des Globulin- und Fibrinogengehaltes — das erstere im Sinne der Untersuchungen Hertels, das letztere nach den Angaben von Fähræus<sup>44)</sup> — die Ursache dieser Beschleunigung sei. Ein Vergleich der Chloridzahlen von raschsenkenden Glaukomblutsorten ergab nun, daß durchaus nicht der stärkeren Senkungsgeschwindigkeit die niedrigere Chloridzahl entspricht. Es scheint also ein Zusammenhang in dem Sinne, wie er sich nach den Versuchen in vitro erwarten ließ (Verlangsamung der Senkung bei Vermehrung des Salzgehaltes und umgekehrt), nicht zu bestehen, umso mehr als die für die Verlangsamung der Senkung des Glaukomblutes in vitro nötigen Kochsalzmengen größer waren als die größten beobachteten Unterschiede zwischen dem Kochsalzgehalt des normalen und des Glaukomblutes.

## 7. NaCl im regenerierten Kammerwasser.

Zur Frage der Regeneration des menschlichen Kammerwassers seien hier 15 Fälle mitgeteilt, bei welchen zwei- oder mehrmals die Vorderkammer punktiert und der Kochsalzgehalt des Kammerwassers bestimmt wurde, davon sechsmal bei Glaukomaugen (S. 287).

## Kochsalzgehalt des Kammerwassers bei wiederholten Punktionen.

Nr. Geschl.	Diagnose	NaCl % d. l. KW.	Intervall	NaCl % nachher
1.	M. Panophthalmie (Fall III. 5, am enucleierten Bulbus) (nach diesen 2 Pkt. Glaskörperflüssigkeit durch Lanzenschnitt nächst d. Opticus abtropfend: NaCl 0,579)	0,687	Nach Fingerdruck auf die SkleraVk. hergestellt, wieder punktiert	0,654
2.	W. Tabische Atr. n. o. (Fall I. 1) R. A. (Diagramm 1)	0,709	14 Tage 2 bzw. 16 Tage 12,14 bzw. 28 Tage	0,701 0,689 0,711
3.	M. Tabische Atr. n. o. (vgl. Diagr. 2)			
4.	M. Tabische Atr. n. o. (vgl. Diagr. 3)			
5.	M. Tabische Atr. n. o. (Fall I, 2)	0,717	12 Tage	0,70
6.	W. Status post Krönlein, Amaurose*) (vgl. Diagramm 4)			
7.	M. Cat. traum., nie oper. (Fall III,3)	0,611 0,605	6 Tage	0,619 0,609
8.	M. Partielle Embolie u. kleine retinale Blutung (Fall IV, 2)	0,644 0,654	5 Wochen	0,708 0,716
9.	W. Hirntumor, Stauungspapille (Fall IV, 1)	0,598 0,596	16 Tage mehrmals punktiert vgl. Diagramm 5	0,690

## Regeneration am enucleierten Auge.

Der erste Fall beweist für normale Verhältnisse nichts, weil es sich um das zweite Kammerwasser eines bereits enucleierten Auges handelt:

Sofort nach der Enucleation wurde der Kochsalzgehalt im Kammerwasser eines panophthalmitischen Auges bestimmt. Er lag an der unteren Grenze des Normalen oder etwas tiefer. Durch leichten Druck auf die Sclera wird die Vorderkammer wiederum gefüllt, und dieses so entstandene Kammerwasser enthält um etwa 0,03% Kochsalz weniger. Vielleicht erklärt sich dies daraus, daß der nachher ebenfalls untersuchte Glaskörper in seiner Flüssigkeit nur 0,579%, also um mehr als 0,1% weniger als das erste Kammerwasser enthielt. Nach dem Ablassen desselben wurde durch den Druck auf die Sclera offenbar Glaskörperflüssigkeit in die Vorderkammer gedrängt, die sich mit dem Rest des kochsalzreicheren ersten Kammerwassers mischte und dieses dadurch kochsalzärmer machte.

\*) Vgl. Fußnote S. 285 u. S. 257 unten.

Daß der Unterschied im Salzgehalt von Vorderkammer und Glaskörper schon vor der Enucleation bestand, ist nicht unwahrscheinlich. Ungleiche Zusammensetzung des Kammerwassers und des Glaskörpers ist oft angegeben worden und ist theoretisch durchaus plausibel, auch wenn man keinen dauernden Abschluß der Vorderkammer von der Hinterkammer annimmt; es genügt, sich, was ja wohl auch das Richtige sein wird, den Flüssigkeitswechsel im Auge langsamer vorzustellen als bisher vielfach üblich war, um zu verstehen, daß Unterschiede in der Zusammensetzung der Flüssigkeiten im vorderen und hinteren Abschnitt längere Zeit bestehen können, bevor sie durch Diffusion und vielleicht auch direkten Transport ausgeglichen sind.

#### Regeneration bei Augen in situ.

Unter der Annahme — für welche ich allerdings keine eigenen Zahlen zum Beweis vorlegen kann —, daß der normale Glaskörper annähernd denselben Kochsalzgehalt hat wie das Kammerwasser\*), sind die Fälle 2, 5, 7 ohne weiteres verständlich: Nach der Entleerung des ersten Kammerwassers tritt aus dem Glaskörper Flüssigkeit ähnlicher Zusammensetzung oder wenigstens ähnlichen NaCl-Gehaltes in die Vorderkammer. Aber schon die dritte Punktion bei Fall 2, zwei Tage nach der zweiten ausgeführt, zeigt einen geringeren Kochsalzgehalt des dritten Kammerwassers. Dies könnte man so deuten, daß bei der zweiten Punktion Blut in die Vorderkammer gekommen ist und dadurch der Kochsalzgehalt der aus dem Glaskörper nachdringenden Flüssigkeit herabgesetzt wurde. Dagegen spricht aber die vollkommene Farblosigkeit und Klarheit des dritten Kammerwassers. Daher möchte ich, wenn auch mit Reserve, eher annehmen, daß diese Beschaffenheit des dritten Kammerwassers schon auf einen Ersatz aus der Blutbahn hindeutet\*\*), wobei nichts darüber gesagt werden soll, ob das aus der Blutbahn ersetzte Kammerwasser immer mit niedrigerem Kochsalzgehalt die Vorderkammer betritt und erst später eingedickt wird oder ob durch eine Reizung des Auges die normalerweise vielleicht stattfindende Absonderung eines kochsalzreicheren Kammerwassers unterbrochen und durch eine abnorm kochsalzarme Absonderung ersetzt wird. Nach einer Ruhepause von 12 Tagen erwies sich der NaCl-Gehalt des Kammerwassers wieder auf der anfänglichen Höhe (Diagramm 1)\*\*\*).

\*) Vgl. übrigens S. 254, 272f.

\*\*) Aus dem erhöhten Refraktometerwert des zweiten Kammerwassers  $1\frac{1}{2}$  Stunden nach Entnahme des ersten schließt Hagen, daß dieses auch schon aus der Blutbahn ersetzt sei.

\*\*\*) In diesem Falle lagen allerdings die Abweichungen fast ganz im Bereich der Fehlergrenzen der Methode.

Sealinci (l. c.) findet im zweiten Kammerwasser des Hundes (eine Stunde nach der Entnahme des ersten) Zunahme der Viscosität und Abnahme des elektrischen Leitvermögens. Letzteres erklärt er durch die Zunahme der Eiweißkörper; es wäre daran zu denken, ob nicht auch außerdem eine Abnahme des Salzgehaltes die Ursache sein könnte. Das nach 24 Stunden entleerte

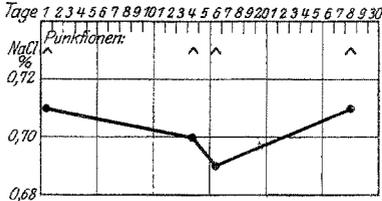


Diagramm 1 (Fall 2). Wiederholte Punktionen bei tabischer Atrophie. (Die NaCl-Werte sind hier und in den folgenden Diagrammen auf 0,01% abgerundet.)

zweite Kammerwasser zeigte diese Veränderungen nicht. Bei der großen Vorderkammer des Hundes (0,8—1 cm) genügt wahrscheinlich eine einmalige Entlastung, um die beim Menschen (vgl. später) erst durch mehrere Punktionen (vgl. später) erst durch mehrere Punktionen erzwingen. Dagegen scheint sich andererseits die Wirkung rascher auszugleichen als beim Menschen.

Die Fälle 3 und 4 sollten — an amaurotischen Augen — zeigen, ob nach wiederholten Punktionen im Verlaufe mehrerer Tage die Kochsalzabnahme deutlicher zutage tritt. Reizlose Augen mit tabischer Sehnervenatrophie wurden mehrmals punktiert, wobei sich die in den

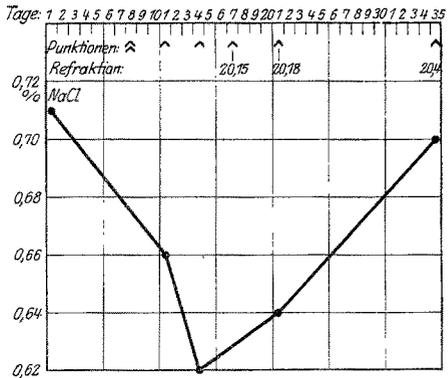
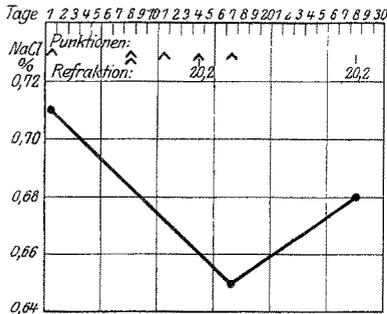


Diagramm 2 (Fall 3) und Diagramm 3 (Fall 4). Wiederholte Punktionen bei tabischer Atrophie.

Diagrammen ausgedrückten Kochsalzwerte ergaben: deutlicher Kochsalzabfall nach wiederholter Punktion. Ich bemerke ausdrücklich, daß die Farbe und Durchsichtigkeit der zur Untersuchung entnommenen regenerierten Kammerwässer vollkommen normal war (Diagramm 2, 3). In dem einen Fall wurden sieben Punktionen innerhalb 28 Tagen gemacht. Zwischen den letzten zwei Punktionen lag ein Zwischenraum von 11 Tagen, innerhalb welcher sich der Kochsalzgehalt wieder hob, ohne aber die anfängliche Höhe zu erreichen. Der Refraktometerwert blieb während dieses Versuches gleich. Im Fall 4

(Diagramm 3) hingegen stieg der Refraktometerwert nach acht Punctionen innerhalb 35 Tagen um ein Geringes. Durch die ersten vier Punctionen wurde der Kochsalzgehalt, ohne daß es zu einer klinisch nachweisbaren Reizung des Auges kam, um 0,09% herabgedrückt; zwischen den zwei letzten Punctionen lag ein Zwischenraum von 14 Tagen, innerhalb welcher sich der Kochsalzgehalt beinahe wieder auf die ursprüngliche Höhe einstellte.

Diese beiden Fälle zeigen, daß wiederholte Punctionen einen Kochsalzabfall erzeugen und daß sich im menschlichen Kammerwasser nach etwa 2 Wochen größere Schwankungen des Kochsalzgehaltes ausgleichen können. Ob dies durch Rückresorption überschüssigen Wassers oder durch Nachrücken von Salz geschieht, ist nicht entschieden.

Bei dem amaurotischen und infolge der Nervendurchtrennung vollkommen anästhetischen Auge nach Krönleinscher Operation (S. 262) wagte ich, innerhalb 24 Stunden sechsmal das Kammerwasser zu entnehmen. Unter starkem Absinken der Tension und des Kochsalzgehaltes stieg der Eiweißgehalt bedeutend an. Nach 24 Tagen war die Tension etwa normal, der Refraktometerwert noch etwas hoch, und der Kochsalzgehalt, welcher sich 10 Tage 0,1% unter dem Normalen (in der Nähe des Plasmakochsalzgehaltes!) bewegt hatte, stieg wieder allmählich an.

Ich verhehle mir nicht, daß die drei zuletzt beschriebenen Augen, besonders aber das nach der Krönleinschen Operation<sup>1)</sup>, durchaus nicht als normal zu betrachten sind und daß wir aus den hier gefundenen Regelmäßigkeiten deshalb keine voreiligen Schlüsse ziehen dürfen. Da aber die beobachteten Veränderungen in guter Übereinstimmung zu dem stehen, was wir vorher an anderen Augen gesehen haben, so brauchen wir in der Beurteilung nicht gar so zurückhaltend zu sein. Es wurde jedenfalls gefunden, daß wiederholte Punctionen den Kochsalzgehalt des menschlichen Kammerwassers herab-

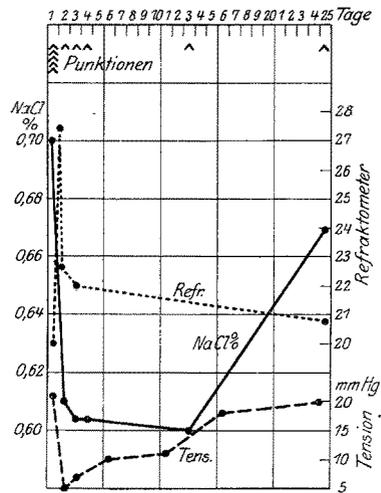


Diagramm 4 (Fall 6). Wiederholte Punctionen. (Nach Entfernung eines Orbitaltumors nach Krönlein.)

<sup>1)</sup> Dasselbe Mädchen, bei welchem (S. 262) Jod-Verabreichung den Punctionen vorausgegangen war; die gefundenen Halogenwerte sind also auch aus diesem Grunde wenigstens für den ersten Teil des Versuches nicht als einwandfrei anzusehen.

zusetzen, den Eiweißgehalt desselben zu erhöhen vermögen, daß aber bei vorsichtiger Handhabung eine deutliche Kochsalzverminderung eintreten kann, ohne daß der Eiweißgehalt so weit zunimmt, daß die Steigerung im Refraktometerwert zum Ausdruck käme (also etwa bis 0,1% Eiweiß). Überaus wichtig ist, trotz der Beschaffenheit der untersuchten Augen, die Tatsache, daß der Refraktometerwert des menschlichen Auges (das eine Mal nach 7 Punktionen in 28 Tagen, das andere Mal nach 6 Punktionen in 24 Stunden) deutlicher erhöht war. Die letztere Erhöhung (Diagramm 4) ist sicherlich auf Eiweißzunahme zu beziehen. Die diesbezüglichen Kontroversen sind in so frischer Erinnerung, daß ich hier nicht ausführlich auf sie zurückkommen muß. Meine Befunde sprechen für die Ansicht Wesselys, welcher die Unterschiede bei der Regeneration des Kammerwassers bei Mensch und Kaninchen als nur quantitativer Art bezeichnet. Man kann dagegen allerdings einwenden, daß die 6 oder 7 Punktionen vielleicht einen größeren Reiz darstellen als die eine, welche beim Kaninchen schon zu einer deutlicheren Eiweißhöhung führt. Aber wenn man von dem Trauma der Entnahme selbst absieht, welches ja durch zarte Methodik überaus vermindert werden kann, so bleibt als Reiz doch nur die Entleerung der Vorderkammer, welche eben beim Menschen sechsmal mit geringen Volumina, beim Kaninchen einmal, aber mit einem viel größeren Vorderkammervolumen zur Wirkung kommt\*).

Die zwei letzten Fälle (8 und 9) zeigen scheinbar ein entgegengesetztes Verhalten, welches aber bei näherer Betrachtung in guter Übereinstimmung mit dem bisher Gefundenen steht.

Wenn nämlich in beiden Fällen die Kochsalzwerte bei der wiederholten Punktion anstiegen, so steht dies mit den bisherigen Ergebnissen deshalb nur scheinbar in Widerspruch, weil die Anfangswerte unternormal waren. Über die mögliche Erklärung dieser niedrigen Werte habe ich schon auf S. 275 gesprochen.

Fall 8, vgl. Tabelle S. 282: 5 Wochen nach der partiellen Embolie mit kleiner retinaler Blutung war im Fundus kein Residuum der letzteren mehr nachweisbar. Eine Punktion ergab einen dem normalen entsprechenden Kochsalzgehalt. Der Anstieg betrug etwa 0,05% NaCl.

Die letzte Vorderkammerpunktion bei Fall 9, Hirntumor, wurde 10 Tage nach der Ausführung des Balkenstiches gemacht.

---

\*) Gilbert und Plaut (Kammerwasseruntersuchungen bei syphilitischen und nichtsyphilitischen Augenerkrankungen. Berlin. klin. Wochenschr. Jg. 58, Nr. 37, S. 1097. 1921) fanden neuerdings mit der von Plaut ausgebildeten Methode der Unterschichtung mit Salpetersäure, daß der Eiweißgehalt des zweiten Kammerwassers im Gegensatz zu den neueren Angaben Hagens auch beim Menschen erheblich größer ist als der des ersten Kammerwassers.

Während dieser 10 Tage waren wohl die Gründe, welche vorher zu einer Herabsetzung des Kammerwasserkochsalzgehaltes geführt hatten, weggefallen, es begann eine Annäherung des Kammerwassers an seine normale Zusammensetzung. Der gesamte Anstieg betrug fast 0,1% NaCl, wobei zu beachten ist, daß die 2 Tage nach der zweiten Punktion ausgeführte Entnahme eine kleine Verminderung gegenüber dem zweiten Kammerwasser ergab, welche aber innerhalb der Fehlergrenzen der Methode liegt (Diagramm 5).

Wir können also unsere früheren Schlußfolgerungen dahin ergänzen, daß das menschliche Kammerwasser allem Anschein nach ziemlich bald — in 10 bis 14 Tagen — je nach dem Grad der vorangegangenen Schädigung, den normalen NaCl-Gehalt wieder zu erlangen pflegt\*). Es ist gelungen, durch wiederholte Punktionen beim menschlichen Auge eine auch refraktometrisch nachweisbare Vermehrung des Eiweißgehaltes herbeizuführen.

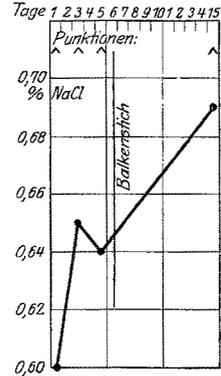


Diagramm 5 (Fall 9).  
Stauungspapille bei Hirntumor. Balkenstich.

Kochsalzgehalt des Glaukomkammerwassers bei wiederholter Punktion.

Nr.	Geschl.	Alter	Diagnose	Tension	Menge	NaCl %	Intervall	Tension	Menge	NaCl %
1.	M.	68	Gl. compens., vorher nie operiert	55	37,5	0,764	1 Std.	13,5	50,5	0,759
2.	W.	64	Gl. absol., vorher nie operiert (Fall VI. d. 4)	65	93,0	0,647	3 Tage (Refr. 22, 1)	60	109,0	0,649 (Refr. 22,1)
3.	W.	35	Gl. compens.	28	111,0	0,679	2 Std.	50	148,0	0,703 61,0 0,697
4.	M.	62	Gl. absolutum (Fall VI, d. 3)		116,0	0,642	3 Tage		121,0	0,737
5.	W.		Gl. absolutum	35	48,0	0,694	5 Tage	45	26,0	0,742
6.	W.	18	Buphthalmus	40	108,0	0,726	3 Mon. (Refr. 20,0)	40	105,5	0,736
							letzte Oper. vor 8 Tagen		143,5	0,745 (Refr. 20,7)

Bei sechs Glaukomaugen war es mir möglich, in Abständen von 1 Stunde bis zu 8 Tagen nach der ersten Entnahme das regenerierte Kammerwasser zu untersuchen.

\*) Auch der Zuckergehalt stellt sich im dritten Kammerwasser des Menschen nach einer gewissen Ruhepause wieder auf das ursprüngliche Niveau ein, während er im bald entnommenen zweiten Kammerwasser höher ist als im ersten. (Askl. c.) cf. Fußnote auf S. 290.

Zweimal und zwar bei vorher nicht operierten Augen, einem kompensierten und einem absoluten Glaukom, erwies sich der Kochsalzgehalt des ersten und des zweiten Kammerwassers (Intervall 1 Stunde bzw. 3 Tage) gleich hoch. Drei andere Fälle, ein kompensiertes und zwei absolute Glaukome, zeigten im zweiten Kammerwasser Kochsalzvermehrung und zwar von unternormalem einmal auf normalen, einmal auf übernormalen Wert und einmal von normalem auf übernormalen Wert.

Ich habe schon oben die Vermutung geäußert, daß diese Anstiege des Kochsalzgehaltes auf Übertritt von Flüssigkeit aus dem Glaskörper bezogen werden könnten.

Gesondert zu besprechen wäre der Fall 6, Buphthalmus, weil im Verlauf von 3 Monaten vielfach Operationen an dem immerfort wieder Drucksteigerung und Kompensationsstörungen zeigenden einzigen Auge ausgeführt werden mußten. Im Gegensatz zu den sonstigen Erfahrungen ergaben wiederholte Punctionen dieses Auges immer wieder hohen Kochsalzgehalt, so daß es in diesem Fall wirklich nahe liegt, an einen Zusammenhang des sich immer wieder herstellenden hohen Druckes und des bei mehreren Untersuchungen gefundenen hohen Kochsalzwertes zu denken. (Vgl. Einleitung S. 255.)

#### Vergleich mit der Regeneration des Kaninchenkammerwassers.

Um festzustellen, ob beim Kaninchen ähnliche Verhältnisse obwalten, habe ich den Kochsalzgehalt der Vorderkammer von Kaninchen bei wiederholten Punctionen bestimmt. Es ist bekannt, daß das nach der Entnahme regenerierte Kammerwasser des Kaninchens bedeutend eiweißreicher ist als das erste. Bei Entleerung genügender Kammerwassermengen ist dies so regelmäßig, daß es nicht einmal nötig ist, im Einzelfalle hierfür den Nachweis zu erbringen; blieb mir doch selbst für eine Kontrollbestimmung des Kochsalzgehaltes nicht immer genug Material übrig. Indessen fand ich bei der Untersuchung des regenerierten Kaninchenkammerwassers als Beweis des hohen Eiweißgehaltes auf dem im 92 proz. Alkohol extrahierten Filterpapier jene kleinen Bröckel von geronnenem Eiweiß, welche ich bei normalen menschlichen Kammerwässern, sowie bei den erstentnommenen Kammerwässern des Kaninchens niemals bei der Mikrobestimmung nach Bang beobachtete, sondern eben nur dort, wo größere Eiweißmengen von dem Alkohol in dem Papiere gefällt werden.

Im folgenden Versuche zeigte sich eine Übereinstimmung mit den beim Menschen erhobenen Befunden.

Gesundes, nie operiertes Kaninchen.

R. A. Vorderkammerpunktion: ca. 0,24 ccm, untersucht in drei Portionen;

70 mg Kammerwasser . . . .	0,633% NaCl
94 mg Kammerwasser . . . .	0,628% NaCl
78,5 mg Kammerwasser . . . .	0,628% NaCl.

Nach einer halben Stunde wurde neuerdings etwa 0,2 ccm Kammerwasser entnommen. Reichliche Eiweißbröckel nach der Alkoholbehandlung des Filterpapieres bewiesen einen stark erhöhten Eiweißgehalt.

84 mg Kammerwasser . . . .	0,605% NaCl
92,4 mg Kammerwasser . . . .	0,610% NaCl

In diesem Falle sank also der Kochsalzgehalt schon im zweiten eiweißreicheren Kammerwasser, wie wir es bei Menschenaugen nach wiederholten Entleerungen der Vorderkammer gesehen haben.

Gelegentlich fand sich auch ein anderes Verhalten des zweiten Kammerwassers.

Um 12 Uhr mittag wurde fast das ganze Kammerwasser eines gesunden noch nie operierten Kaninchens in der für das Menschenauge beschriebenen Weise entleert, ca. 0,3 ccm

	Kochsalzgehalt
in 87,7 mg Kammerwasser . . . .	0,650% NaCl
68,5 mg Kammerwasser . . . .	0,649% NaCl
152 mg Kammerwasser . . . .	0,650% NaCl.

Eine Stunde später (die Kammer hatte sich nur wenig gefüllt) wurde neuerlich 0,1 ccm Kammerwasser entnommen:

in 101 mg . . . .	0,666% NaCl;
nach 24 Stunden: in 59,6 mg . . . .	0,636% NaCl (dritte Punktion).

In diesem Falle scheint also zuerst ein geringer Anstieg und später ein größerer Abfall des NaCl-Gehaltes im Kammerwasser eingetreten zu sein.

Die Tatsache, daß das zweite Kaninchenkammerwasser einen das Normale weit übersteigenden Eiweißgehalt haben kann, aber dabei den bisherigen oder vielleicht gar erhöhten Kochsalzgehalt, ist nicht ohne weiteres mit den Beobachtungen beim Menschen zu vergleichen: In dem beschriebenen Versuch war nämlich das Kammerwasser schon von Anfang an im Vergleich zu den sonstigen Durchschnittswerten kochsalzarm. Die Kochsalzwerte des Kaninchenkammerwassers scheinen überhaupt etwas tiefer zu liegen als die des Menschen. Ferner pflegen die NaCl-Werte im Kaninchenkammerwasser auch nicht so konstant zu sein wie beim Menschen. Auch Wesselys (l. c.) Werte schwanken stärker um den Mittelwert als die von mir gefundenen normalen Werte für das menschliche Kammerwasser. Die Versuche an Tieraugen sollten fortgesetzt werden, da sie bisher noch kein eindeutiges Ergebnis gezeigt haben\*).

\*) Soeben erschienene Befunde von Crevels (Biochem. Ztschr. **123**, 304, 1921) zeigen den NaCl-Gehalt des Kaninchen-KW tatsächlich im allgemeinen niedriger als den des Menschen-KW; zugleich aber ergibt sich die über-

## 8. NaCl-Zufuhr.

Geschl.	Alter	Diagnose	Auge	Menge	NaCl	Eingriff	Intervall	Auge	Menge	NaCl
W.	39	Atr. tab.	R.	103,0	0,709	10 g NaCl in 200 ccm Aq. per os.	1 Std.	L.	146 143	0,707 0,715
Dieselbe Person		Liquor cerebrospinalis		109,0 157,5	0,708 0,715	ebenso	14 Tage; 70 Minuten nach NaCl-Verabreichung per os (cf. oben)		91 110	0,700 0,702

Bei einer 39jährigen Frau mit tabischer Sehnervenatrophie wurde der Kochsalzgehalt des Kammerwassers im rechten Auge bestimmt, sodann bekam die Frau 200 ccm 5proz. Kochsalzlösung zu trinken. Eine Stunde hernach wurde das Kammerwasser des linken Auges untersucht. Sein Kochsalzgehalt entsprach dem des vorher untersuchten rechten Auges.

Eine Einwirkung auf das Kammerwasser in diesem Falle wäre nur auf dem Umwege über Veränderungen des Kochsalzgehaltes im Blute zu erwarten. Auf den Einfluß peroraler Verabreichung hypertensischer Salzlösungen auf den Salzgehalt des Blutes soll hier nicht eingegangen werden; jedenfalls hat sie in unserem Fall eine Vermehrung des Kochsalzgehaltes im Kammerwasser nicht herbeizuführen vermocht.

14 Tage vor dem Versuch (S. 291) war eine Lumbalpunktion vorgenommen worden. Sie wurde 70 Minuten nach dieser NaCl-Verabreichung wiederholt und ergab eine Verminderung des Kochsalzgehaltes im Lumbalpunktat um etwa 0,01%; da diese Größe in die Fehlergrenzen der Methode fällt, kann man aus ihr keine Schlüsse ziehen. —

Geschl.	Alter	Diagnose	Menge	NaCl %	Eingriff	Intervall	Menge	NaCl %
M.	80	Cat. sen. vorher nicht operiert (Fall II,5)	L. 91	0,646	0,5 ccm NaCl 5 % subconj.	1 Std.	R. 94,0 105,7	0,657 0,665
				(Refr. 20,1)				(Refr. 20,2)

Bei einem 80jährigen Manne mit Altersstar wurde mehrere Tage vor der Staroperation das Kammerwasser des linken Auges untersucht, hierauf eine subconjunctivale Injektion von 0,5 ccm 5proz. Kochsalzlösung am rechten Auge

aus interessante Tatsache, daß in der Mehrzahl der Fälle schon das zweite KW des Kaninchens deutlich kochsalzärmer ist (im Vergleich zum ersten KW), somit (bei der bekannten stärkeren Eiweißzunahme) schon nach der ersten Entnahme eine deutliche Annäherung an die Zusammensetzung des Blutplasmas zeigt; die kurz zuvor erschienenen Untersuchungen von de Haan und van Creveld (Biochem. Ztschr. **123**, S. 201, 1921) zeigen interessanterweise, daß auch (bei Kaninchen wenigstens) der Zuckergehalt des regenerierten K.-W. ein höherer, dem Blutplasma ähnlicherer zu sein pflegt als der des ersten K.-W. Also auch in diesem Sinne eine Annäherung an die Zusammensetzung des Plasmas.

appliziert und nach einer Stunde\*) der Kochsalzgehalt des Kammerwassers des rechten Auges bestimmt. Er war um 0,01 bis 0,02% höher als am Vergleichsauge.

Ob die Kochsalzvermehrung durch Diffusion ins Auge oder durch Wasserentziehung zustande kommt, wäre durch Druckmessung und durch einen Parallelversuch mit anderen Halogenen zu prüfen: Steigt wie im Kaninchenauge nach subconjunctivaler NaCl-Injektion der Druck während des Versuches, so ist sicher etwas von dem subconjunctival injizierten Krystalloid durch Diffusion ins Augeninnere eingetreten und hat dortselbst Anlaß zur Flüssigkeitsvermehrung gegeben. Den Versuch mit anderem Halogen haben Kochmann und Römer gemacht: Nach subconjunctivaler Injektion einer hochprozentigen NaJ-Lösung war 0,410% NaJ im Kammerwasser nachweisbar.

### 9. Kammerwasser und Liquor.

Nr.	Geschl.	Diagnose	Alter	KW.		Liquor	
				NaCl %	mg	mg	NaCl %
1.	M.	Tabische Atr. n. o.	40	0,717	122	135	0,713
2.	W.	Tabische Atr. n. o.	39	0,709	109	157,7	0,715
3.	W.	Stauungspapille bei Hirntumor (Liquor beim Balkenstich [Klinik Schloffer] mit trocken-steriler Kanüle in chemisch einwandfreiem Kolben aufgefangen — klar, farblos)	15	0,596 0,598	107	115	0,708
			12 Tage	0,704	115	157	0,703
			später	0,695	157		0,699

Mit Rücksicht auf den in der Literatur oft hervorgehobenen Parallelismus in der Zusammensetzung des Kammerwassers und des Liquor cerebrospinalis habe ich in 3 Fällen die NaCl-Werte beider Flüssigkeiten bei derselben Person verglichen.

Zdarek<sup>47)</sup> bestimmte in 370 ccm eines mit etwas Blut vermischten menschlichen Liquor den Kochsalzgehalt auf 0,7001%, Mestrezat (l. c.) findet 0,732% für den normalen menschlichen Liquor. Es ist nicht ausgeschlossen, daß die niedrigere Zahl Zdareks auf die Blutbeimischung zu beziehen ist, welche ja, da Blut weniger Kochsalz als Liquor enthält, eine Verdünnung herbeiführen muß. Indessen hat Yvon<sup>48)</sup> eine ähnliche niedrige Zahl, 0,7098 bei einem Hydrocephalus, gefunden.

Wenn irgend möglich wurden Kammerwasserentnahme und Lumbalpunktion kurz nacheinander an demselben Tage ausgeführt. Daß für

\*) Ich wollte auch die Entnahme am anderen Auge (entsprechend dem oben erwähnten Versuch Kochmanns und Römers) früher machen, wurde aber durch äußere Umstände daran, sowie an der Druckmessung gehindert. Es ist natürlich schwer zu sagen, wann der etwa zu erwartende Anstieg am höchsten sein wird — und mit Rücksicht auf die Art der Untersuchungen ist es unmöglich, beim Menschen zahlreiche Vergleichsversuche anzustellen.

die Lumbalpunktion in diesem Falle trocken sterilisierte Punktionsnadeln verwendet wurden und daß die ersten Tropfen nicht aufgefangen wurden, brauche ich wohl nicht zu erwähnen. Die Rückenmarksflüssigkeit wurde natürlich auch nur in solchen Fällen auf ihren Kochsalzgehalt untersucht, in welchen eine Entnahme derselben zu Zwecken der sonstigen Liquoruntersuchung nötig war, wie aus den Diagnosen der Tabelle ersichtlich ist, bzw. während des Balkenstiches.

Quincke berichtet von Befunden Noelkes<sup>49)</sup> bei Punktionen der Hirnventrikel: In allen 4 Fällen war der Eiweißgehalt der Ventrikelflüssigkeit geringer als jener der Lumbalflüssigkeit. Verglichen mit den aus den tieferen Partien des Duralsackes gewonnenen Liquormengen zeigt der aus höheren Gegenden entnommene Liquor bei Entzündungen der Meningen oft Unterschiede im Zell- und Eiweißgehalt. [Walther<sup>49)</sup>, Kafka<sup>49)</sup>, Weinberg<sup>50)</sup>, Weigelt<sup>51)</sup>].

Der Kochsalzgehalt war bei unserem Falle in dem dem Hirn entnommenen Liquor derselbe wie er sonst in dem lumbalen Liquor zu sein pflegt.

Die von mir gefundenen Zahlen bewegten sich durchweg unterhalb der von Mestrezat angegebenen und entsprechen eher dem Wert von Zdarek.

Es ist selbstverständlich, daß wenn infolge lokaler pathologischer Veränderungen im Auge der Kochsalzgehalt des Kammerwassers sinkt, im Liquor der normale Kochsalzgehalt gefunden werden kann. Ein Beispiel dieser Art ist Fall 3; übrigens war der Kochsalzgehalt dieses Kammerwassers bei späterer Punktion annähernd normal, vgl. S. 287.

Mit Ausnahme dieses Falles also findet sich, bei Berücksichtigung der Fehlergrenzen, eine weitgehende Übereinstimmung der Kochsalzwerte für den Liquor und das Kammerwasser.

Mit Rücksicht auf die interessante und bisher nicht bekannte Tatsache, daß das Kammerwasser gereizter Augen kochsalzärmer ist als in normalen Augen, habe ich Liquores von Meningitiden untersucht und folgendes gefunden:

Während der Kochsalzgehalt des normalen Liquors mit sehr geringen Schwankungen um 0,7% liegt, zeigten entzündliche Liquores geringeren Kochsalzgehalt; der tiefste Wert war 0,585%; 0,578% bei einem Fall eitrigter Meningitis (22jähriges Mädchen; massenhaft Zellen. Refraktometerwert 24,2, ebenso wie Kochsalzgehalt im zentrifugierten Liquor bestimmt).

Beim Durchsehen der Literatur finde ich, daß schon 1908 Landau und Halpern<sup>45)</sup> auf einen „gewissen Antagonismus“ zwischen dem Kochsalz- und N-Gehalt im Liquor hingewiesen haben: den höchsten Stickstoffwerten entsprechen die niedrigsten Kochsalzwerte und umgekehrt. Besonders niedrig war der Kochsalzgehalt bei tuberkulöser

Meningitis. Die Autoren erwähnen, daß 1899 Crisafi Ähnliches beobachtet habe. Eine Erklärung wird nicht versucht.

Sie dürfte sich aus dem Vergleich des normalen Kochsalz- und Eiweißgehaltes im Liquor mit dem des Blutes ergeben: Ebenso wie im Kammerwasser tritt bei Entzündungen in den Liquor offenbar aus den durchlässiger gewordenen Gefäßen Eiweiß über, und die durchlässigeren Gefäßwände gestatten auch einen Ausgleich des Kochsalzgehaltes diesseits und jenseits des Diaphragmas.

### Zusammenfassung.

Untersuchungen über die anorganischen Bestandteile des Kammerwassers sind mit Rücksicht auf zahlreiche Fragestellungen der Augenphysiologie und -pathologie von Interesse.

Die Chloride, welche die Hauptmenge der anorganischen Stoffe des Kammerwassers bilden, lassen sich mittels der Bangschen Mikromethode im Kammerwasser eines einzelnen menschlichen Auges hinreichend genau bestimmen. Auf die Möglichkeit des Vorhandenseins von Br und J im Kammerwasser muß hierbei geachtet werden.

Die Entnahme der Kammerwässer mit den beschriebenen Instrumenten ist ein vollkommen ungefährlicher Eingriff. Keimfreiheit und operative Technik sind genau zu beachten.

Der Chloridgehalt des menschlichen Kammerwassers wurde als NaCl berechnet, weil offenbar genügend Na-Ionen im Kammerwasser vorhanden sind, um dies zu rechtfertigen, und weil hierdurch ein Vergleich mit den bisherigen Angaben der Literatur erleichtert wird.

Normalerweise scheint das Kammerwasser des Menschen um 0,7% Kochsalz zu enthalten, somit mehr, als Kletzinsky für das normale Menschaugen bestimmte. Die Schwankungen um diesen Wert scheinen im allgemeinen gering zu sein, sogar in pathologischen Kammerwässern finden sich kaum Werte, welche den normalen um mehr als 0,1% unterschreiten. Der Kochsalzgehalt des normalen Glaskörpers wäre noch zu bestimmen. Für die Frage der Isotonie kämen diese Werte nicht in Betracht, weil die Fehlergrenzen der Bangschen Methode zu groß sind: Unterschiede von 0,01% können übersehen werden, bedeuten aber schon deutliche osmotische Unterschiede.

Nach dem Tode steigt der Kochsalzgehalt an, und zwar in der Vorderkammer stärker als im Glaskörper.

Der Kochsalzgehalt im Kammerwasser kranker Augen kann normal bleiben, besonders wenn der vordere Abschnitt nicht betroffen ist.

Im Kammerwasser bei Katarakt fand sich normaler oder etwas herabgesetzter Kochsalzgehalt, dagegen ist der Kochsalzgehalt in gereizten, entzündeten Augen meist herabgesetzt, wobei gleichzeitig

der Refraktometerwert, also wahrscheinlich auch der Eiweißgehalt deutlich erhöht ist; in reizlosen Augen mit frischen Funduserkrankungen kann der Kochsalzgehalt ebenfalls herabgesetzt sein.

Das Kammerwasser glaukomatöser Augen hatte annähernd ebenso oft normalen wie erhöhten und herabgesetzten Kochsalzgehalt. Die Zahl der bisher untersuchten Kammerwässer ist noch zu klein, um bindende Schlüsse zu ziehen; dazu kommt noch die meist kleine Menge des bei Glaukom verfügbaren Kammerwassers. Doch sind so hohe Kochsalzwerte wie bei Glaukomaugen sonst in keinem Kammerwasser gefunden worden und bei einem Hydrophthalmus fanden sich nach wiederholten Operationen immer wieder abnorm hohe Kochsalzzahlen. Diese Beobachtung verdient unser besonderes Interesse. Es wäre daran zu denken, daß (wenn nicht andere Anionen bzw. Kristalloide in geringerer Menge vorhanden sind), manche Glaukomaugen aus noch unbekanntem Gründen mehr Salz enthalten, wodurch ein Eindringen von Wasser ins Auge und ein Druckanstieg bedingt sein müßte. Die Sekundärglaukome scheinen normalen Kochsalzgehalt zu haben.

Vermehrung des Eiweißgehaltes des Kammerwassers ist fast stets mit Verminderung des Kochsalzgehaltes verbunden, was einer Annäherung an die Zusammensetzung des Blutplasmas gleichkommt. Da Kochsalz- und Eiweißgehalt sich gegenseitig ändern, können trotz Gleichbleibens des Refraktometerwertes des Kammerwassers bedeutende Veränderungen im Kammerwasser stattgefunden haben.

Im entzündlichen Liquor scheint ebenfalls regelmäßig der Kochsalzgehalt zu sinken, womit ein Anstieg des Eiweißgehaltes parallel geht. Diese Beobachtung wirft ein interessantes Licht auf die Beziehungen zwischen Mineralbestand und Eiweißmilieu, welche, wie sich hier zeigt, in verschiedenen Körperflüssigkeiten ähnliche Antagonismen aufweisen können.

Ob Eiweißvermehrung im Kammerwasser für die Entstehung des Glaukoms in Betracht kommen kann, müßte erst nachgewiesen werden. Die im Kammerwasser absoluter Glaukome gefundenen erhöhten Refraktometerwerte können durch Vermehrung anorganischer Stoffe oder durch Eiweißvermehrung hervorgerufen werden, welche letztere aber nicht Ursache des glaukomatösen Prozesses sein muß, sondern auch Folge der dabei eintretenden Gefäßschädigungen sein kann.

Ein Vergleich der Kochsalzmenge im Kammerwasser und im Blute von Glaukomkranken ergab kein einheitliches Bild.

Die Beschleunigung der Blutkörperchensenkung im Glaukomblute ist wahrscheinlich nicht durch eine Verminderung des Salzgehaltes — wenigstens nicht des NaCl-Gehaltes — bedingt.

Bei einer Frau mit inkompensiertem primärem Glaukom stieg nach Einnahme einer größeren Kochsalzmenge der Blutkochsalzgehalt in ungewöhnlicher Weise an.

Die Kochsalzwerte untersuchter pathologischer Glaskörper lagen in der Höhe der für das Kammerwasser gefundenen. Die höchsten Werte überschritten nicht die für das „normale“ Kammerwasser geltenden Werte, die niedrigsten (bei einer Panophthalmie und einer Glaskörperblutung) waren nicht niedriger als im Kammerwasser gereizter Augen.

Der Kochsalzgehalt des Glaskörpers ist von Bedeutung für das regenerierte Kammerwasser. Wenn ein Auge einmal punktiert wird oder wenn dem Auge nach mehreren Punctionen Zeit gelassen wird, stellt sich der Kochsalzgehalt des Kammerwassers wieder auf normale Höhe ein. (Ersatz aus dem Glaskörper?) Wiederholte Punctionen führen ebenso wie eingreifendere Operationen zu einer Verminderung des Kochsalzgehaltes, manchmal auch zu Eiweißvermehrung. (Ersatz aus der Blutbahn?) Nach mehreren Tagen kann sich dann der normale Kochsalzgehalt wiederherstellen. Bei glaukomatösen Augen scheinen von dieser Regel Ausnahmen vorzukommen, insbesondere kann das regenerierte Kammerwasser kochsalzreicher sein als das erste. Ein Hydrophthalmus zeigte trotz mehrfacher Punctionen und anderer Operationen immer wieder hohen Kochsalzgehalt. Die Beobachtungen an Tieraugen haben noch kein eindeutiges Resultat ergeben.

Kochsalzzufuhr per os führte nicht zu einer Vermehrung des Kammerwassersalzgehaltes. Auch der Salzgehalt des Liquors blieb derselbe. 5proz. NaCl-Lösungen, subconjunctival injiziert, führen auch beim Menschen zu einer Erhöhung des Kochsalzgehaltes im Kammerwasser.

#### Literaturverzeichnis.

- <sup>1)</sup> Wessely, Bemerkungen zu einigen Streitfragen aus der Lehre vom intraokularen Flüssigkeitswechsel. Arch. f. Augenheilk. **88**, H. 3/4, S. 217. 1921. — <sup>2)</sup> Fritz Ask, Über den Zuckergehalt des Kammerwassers. Biochem. Zeitschr. **59**, H. 1/2. 1914. — <sup>3)</sup> Kletzinsky bei Ed. v. Jäger, Über die Einstellung des dioptrischen Apparates. Wien 1861. — <sup>4)</sup> Magitot et Mestrezat, Qualité et quantité de l'humeur aqueuse normale. Ann. d'oculist **158**, Nr. 1, S. 1. 1921. (Ref. Zentralbl. f. ges. Ophthalm. **5**, H. 4, S. 180. 1921.) — <sup>5)</sup> Arnold Cahn, Zur physiologischen und pathologischen Chemie des Auges. Zeitschr. f. phys. Chem. **5**, 213/32. 1881. — <sup>6)</sup> Lohmeyer, Beiträge zur Histologie und Ätiologie der erworbenen Linsenstare. Zeitschr. f. rat. Med. **5**. 1854. — <sup>7)</sup> Wessely, Experimentelle Untersuchungen über den Augendruck, sowie über qualitative und quantitative Beeinflussung usw. Bergmann, Wiesbaden 1908. — <sup>8)</sup> Heidenhain, Versuche und Fragen zur Lehre von der Lymphbildung. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. **49**, 275. 1891. — <sup>9)</sup> Hoppe-Seyler, Virchows Arch. f. pathol. Anat. u. Physiol. **20** zit. von <sup>16)</sup>. — <sup>10)</sup> Schmidt, Poggendorfs Ann. **99** u. **114**, zit. von <sup>16)</sup>. — <sup>11)</sup> Loewy, Inaug.-Diss. Berlin 1885, zit. von <sup>16)</sup>. — <sup>12)</sup> Tomsa, Arch. f. ges. Physiol. **56**, 640, 1894, zit. von <sup>16)</sup>. — <sup>13)</sup> L. Asher, Über die physikalisch-chemischen Bindungsverhältnisse verschiedener Stoffe im Blut. Biochem. Zeitschr. **3**. 335. 1907. —

- <sup>14)</sup> Falta u. Richter-Quittner, Über die Verteilung des Zuckers, der Chloride und der Reststickstoffkörper auf Plasma und Körperchen im strömenden Blute. *Biochem. Zeitschr.* **100**, 148. 1919. — <sup>15)</sup> Weiss, Der intraokulare Flüssigkeitswechsel. *Zeitschr. f. Augenheilk.* **25**. 1911. — <sup>16)</sup> Ida Hoff, Über die Frage der Kochsalzretention bei Nephritis, Herzkranken und Pneumonie und über die Entstehung der Ödeme. *Korrespondenzbl. f. Schweizer Ärzte*, Nr. 45. 1913. — <sup>17)</sup> Michel u. Wagner, *Physiol.-chem. Untersuchungen des Auges*. *Arch. f. Ophthalm.* **32**, 2, 155. 1886. — <sup>18)</sup> Olof Hamarsten, *Lehrbuch der physiologischen Chemie*. Wiesbaden, 8. Aufl. 1914. — <sup>19)</sup> Hans Aron, Die anorganischen Bestandteile des Tierkörpers. Oppenheimer, *Handb. d. Biochem. d. Mensch. u. d. Tiere*, **1**. 1909. — <sup>20)</sup> Heinrich Gerhartz, *Blut und Lymphe*. Oppenheimers *Handb. d. Biochem. d. Mensch. u. d. Tiere* **2**, 2. Hälfte 1909. — <sup>21)</sup> Kochmann u. Römer, Experimentelle Beiträge zum pathologischen Flüssigkeitswechsel des Auges. *Graefes Arch. f. Ophthalmol.* **88**, 528. 1914. — <sup>22)</sup> van der Hoeve, Osmotischer Druck und elektrische Leitfähigkeit von intraokularen Flüssigkeiten. *Graefes Arch. f. Ophthalmol.* **82**. 1912. — <sup>23)</sup> Botazzi u. Sturchio, Sul l'origine della pressione oculare. *Arch. di ottalm.* **13**, 122. 1906. *Zit. von Schoute*, Lymphzirkulation und Glaukom (Lubarsch-Ostertag), S. 316, Wiesbaden 1907. — <sup>24)</sup> E. Hertel, Experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit des Augendruckes von der Blutbeschaffenheit. *Graefes Arch. f. Ophthalmol.* **88**, 197 ff. 1914. — <sup>25)</sup> E. Hertel, Klinische Untersuchungen über die Abhängigkeit des Augendruckes von der Blutbeschaffenheit. *Graefes Arch. f. Ophthalmol.* **90**, 299. 1915. — <sup>26)</sup> E. Hertel u. H. Citron, Über den osmotischen Druck des Blutes bei Glaukomkranken. *Graefes Arch. f. Ophthalmol.* **104**, H. 1/2. 1921. — <sup>27)</sup> Verderame, Dell' effetto delle iniezioni sottocongiuntivali di cloruro di sodio sulla tensione oculare dell' uomo. *Ann. di ottalmol.* **43**, 73. 1913. *Ref. Nagel-Michel*. — <sup>28)</sup> Peters, Weitere Beiträge zur Pathologie der Linse. *Klin. Monatsbl. f. Augenheilk.* **42**, 2, 37. 1904. — <sup>29)</sup> Uribe y Troncoso, *Annales d' oculistique*. **130**, 78, *zit. von* 28. — <sup>30)</sup> Scalinci, Untersuchungen über die physikalisch-chemischen Eigenschaften des Humor aqueus. *Arch. f. Augenheilk.* **57**, 214. 1907. — <sup>31)</sup> Grignolo, Biochemische Veränderungen im Kammerwasser bei akuten Intoxikationen durch Methylalkohol und durch Toxipeptide. *Klin. Monatsbl. f. Augenheilk.* **51**, 157. 1913. — <sup>32)</sup> Arlt nach Merkel und Kallius, *Mikroskopische Anatomie des Auges*. Graefe-Saemisch, *Handb. d. ges. Augenheilk.*, **1**, Abt. 1, S. 128. 1910. — <sup>33)</sup> Bang, *Mikromethoden zur Blutuntersuchung*, 2. Aufl. bei J. F. Bergmann, München 1920. — <sup>34)</sup> Löhlein, *Pharmakodynamische Gesetze im Stoffwechsel des Auges und seine Beziehungen zum Gesamtstoffwechsel*. *Arch. f. Augenheilk.* **65**. 1910. — <sup>35)</sup> Guglianetti, L., Ricerche sulla viscosità dell' umor acqueo. *Archivio di Ottalm.* **26**. 1919. *Ref. Klin. Monatsbl. f. Augenheilk.* **64**, 138. 1920. — <sup>36)</sup> Baubigny, Anwendung von Fluorescein zum Nachweis von Spuren Brom in einem Salzgemisch. *Comp. rend.* **125**, 654—657. *Ref. Jahrb. ü. d. Fortschr. d. Chemie u. verw. Teile and. Wissensch. für 1897*, 1. Teil, S. 490. — <sup>37)</sup> Nencki u. Schoumow-Simanowsky, Studien über das Chlor und die Halogene im Tierkörper. *Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol.* **34**. 1894. — <sup>38)</sup> Markwalder, Untersuchungen über den Kochsalzwechsel und über die Beziehungen zwischen Chlor- und Bromnatrium beim genuinen Epileptiker. *Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmakol.* **81**, 130. 1917. — <sup>39)</sup> Elschmig, Über Glaskörperersatz. *37. Vers. d. Heidelberger ophthalm. Ges.* 1911. *Graefes Arch. f. Ophthalmol.* **80**, 1912. — <sup>40)</sup> Uribe y Troncoso, *Fatogènese de glaucome*. *Ann. d'ocul.* **126**, 401. 1901. *Ref. Nagel-Michel*, S. 546. 1901. — <sup>41)</sup> Hagen, Weitere Untersuchungen über die Regeneration des Kammerwassers im menschlichen Auge. *Klin. Monatsbl. f. Augenheilk.* **66**, 493. 1921. — <sup>42)</sup> Ascher, Die Senkungsgeschwindigkeit der roten

Blutkörperchen bei Glaukomkranken. Bericht über die XLII. Versammlung der Deutschen ophthalm. Gesellschaft, S. 77, Heidelberg 1920. — <sup>43)</sup> Plaut, Untersuchungen über die Senkungsgeschwindigkeit der Blutkörperchen im Citratblut bei Nerven- und Geisteskrankheiten. Münch. med. Wochenschr. Nr. 10. 1920. — <sup>44)</sup> Fähræus Robin, The suspension stability of the blood, bei Nortstedt & Soner, Stockholm 1921. — <sup>45)</sup> Landau u. Halpern, Beitrag zur Chemie der Cerebrospinalflüssigkeit. Biochem. Zeitschr. **9**, 72. 1908. — <sup>46)</sup> Rogée u. Fritsch, Bestimmung von Chlor im Blut. Biochem. Zeitschr. **54**, 53. 1913. — <sup>47)</sup> Emil Zdarek, Ein Beitrag zur Kenntnis der Cerebrospinalflüssigkeit. Hoppe-Seylers Zeitschr. f. physiol. Chemie, **35**, 201. 1902. — <sup>48)</sup> Yvon, zit. v. Halliburton, Cerebro-spinal fluid. Journ. of physiol. **10**, 232. 1889. — <sup>49)</sup> Zitiert nach Kafka, Die Cerebrospinalflüssigkeit. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatr. Ref. **6**, 321. 1913. — <sup>50)</sup> Weinberg, Über fraktionierte Liquoruntersuchung. Münch. med. Wochenschr. S. 577. 1921. — <sup>51)</sup> Weigelt, Regelmäßige Unterschiede an verschiedenen Stellen des Subarachnoidealraumes. Münch. med. Wochenschr. S. 838. 1921. — <sup>52)</sup> Schneyder, Chemische Untersuchungen verschiedener Augen von Menschen und Tieren. Inaug.-Diss. Freiburg 1855. Zit. von Leber, Die Zirkulations- u. Ernährungsverhältnisse des Auges. Graefe-Saemisch, Handb. d. ges. Augenheilk. 2. Aufl., **2**, 2. Abt. 1903. — <sup>53)</sup> Ruben, Beiträge zur Lehre von Augendruck und Glaukom. Graefes Arch. f. Ophthalmol. **86**, 258. 1913.