

Aus dem Institut für gerichtliche Medizin und Kriminalistik  
der Universität Hamburg (Direktor: Prof. Dr. E. FRITZ) und der Prosektur  
des gerichtsärztlichen Dienstes der Gesundheitsbehörde Hamburg  
(Prosektor: Obermedizinalrat Dr. med. H. REUSS)

## Vergleichende Untersuchungen über den Natrium- und Calciumgehalt im Serum wie im Liquor post mortem \*

Von

GÜNTHER DOTZAUER und WERNER NAEVE

Mit 7 Textabbildungen

(Eingegangen am 2. Oktober 1959)

Der Calciumspiegel im Serum wie im Liquor unterliegt während des Lebens relativ geringen Schwankungen. Es wäre vorstellbar, daß der Mineralgehalt der Körperflüssigkeiten nach dem Tode im Zusammenhang der Schrankenfunktionen Veränderungen erfährt, die in ihrem Ausmaß über den Grad der Auflösungserscheinungen des Körpers Auskunft geben könnten. Zu diesem Problem liegen zwar eine Großzahl von Einzelergebnissen vor, jedoch keine systematischen vergleichenden Untersuchungen. Wir können über das quantitative Verhalten der Elektrolyte Ca und Na in der ersten Leichenzeit Aussagen machen.

*Untersuchungsmethode.* Arbeitsvorschrift für Na- und Ca-Bestimmung im Serum zum Zeiss-Flammenphotometer PF 5. Gleichsinniger Untersuchungsgang für Liquor, d. h. gleiche Verdünnung der Haupteichlösungen für Serum wie für Liquor. Vor und nach jeder zweifach vorgenommenen Messung Null- und Eichwertkontrolle. Reinigung der Glasgefäße nach Vorschrift. Wegen der Einflußnahme der Na-Bande auf die Calciumwerte wurden letztere korrigiert. Anlegung von Eichkurven bei Na-Gehalten zwischen 200—390 mg-% bzw. Ca-Gehalten zwischen 4 und 15 mg-%. Fehlerbreite nach unseren Kontrolluntersuchungen: Calcium  $\pm 0,1$  mg-%, Natrium  $\pm 5$  mg-%.

Einzige Vorbedingung für die Auswahl des Leichenmaterials war die Kenntnis der Todeszeit; bei den Coronartodesfällen liegt sie exakt vor (Tabelle 1).

Da der Tod vielfach fulminant eintritt, sind agonale Einflüsse bei unserem Sektionsgut wenig ausgeprägt. Die erste Untersuchungsreihe vergleicht Serum- und Liquorwerte in Abhängigkeit von Todesart, Lebensalter, Geschlecht und Todeszeit, die zweite betrifft gleichzeitige Blutentnahmen aus verschiedenen Körpergebieten (rechte und linke Herzkammer, rechte und linke V. femoralis, rechte und linke V. axillaris).

---

\* Herrn Prof. Dr. med. et jur. OTTO SCHMIDT ergebenst zum 60. Geburtstag gewidmet.

In diesem Zusammenhang interessierte, ob die Feststellungen SCHLEYERS u. Mitarb. einer unterschiedlichen Entwicklung der Leichenvorgänge in den einzelnen Körperregionen auch im Verhalten der untersuchten Elektrolyte zu bestätigen sind. Des weiteren sind wir dem Drainageeffekt wiederholter Blutentnahmen aus der rechten Herzkammer bzw. der Cysterna cerebello-occipitalis nachgegangen. Bei

Tabelle 1

Todesursachen	Fälle Liquor- unter- suchungen	Fälle Serum- unter- suchungen
1. Akuter Herztod . . . . .	108	30
2. Lungenembolie . . . . .	8	—
3. Pneumonie, Broncho- pneumonie . . . . .	11	6
4. Säuglingspneumonien . . . . .	3	—
5. Säuglingsdystrophie . . . . .	1	—
6. Innere Verblutungen . . . . .	4	1
7. Innere Ursachen (außer 1—6) . . . . .	14	1
8. Verblutung nach außen . . . . .	3	—
9. Erhängen . . . . .	21	4
10. Ertrinken . . . . .	5	—
11. Kohlenoxydvergiftungen . . . . .	8	1
12. Barbitursäurevergiftungen . . . . .	9	4
13. Cyanvergiftungen . . . . .	3	—
14. E 605-Vergiftung . . . . .	1	1
15. Äthylalkoholvergiftung . . . . .	1	—
16. Salzsäurevergiftung . . . . .	1	—
17. Schädelbrüche . . . . .	—	2
Summe	201	50

einigen Leichen konnten gleichzeitig Cysternenliquor, Ventrikel- sowie Lumbalhirnwasser untersucht werden.

Insgesamt wurden 266 Liquorentnahmen bei 201 Leichen und 167 Blutentnahmen mit Serumuntersuchungen bei 50 Leichen vorgenommen. Gliederung nach Lebensalter und Geschlecht s. Tabelle 2.

Blutgewinnung entweder durch Punktion der rechten Herzkammer oder durch Schmitteröffnung der entsprechenden Blutgefäßabschnitte während der Obduktion.

Liquorgewinnung durch Suboccipitalpunktion bzw. Lumbalpunktion, Entnahme mittels Pipette aus den Seitenventrikeln anlässlich der Obduktion. Bei mehrfachen Occipitalpunktionen wurde die Leiche in Seitenlage belassen, die Punktionskanüle blieb verschlossen in situ liegen. Bei Doppelentnahmen in größeren Zeitabständen wurde jeweils erneut punktiert.

Nicht in allen Fällen war es bei der ersten Punktion möglich, blutfreien Liquor zu aspirieren; diese Punktate wurden verworfen. Bei Zweitpunktion war der Liquor häufig bluthaltig, verwertbare Liquores sind daher nur in geringer Anzahl vorhanden. Anlässlich der späteren Obduktion wurde fast in allen Fällen der

Liquor bei suboccipitalpunktierten Leichen, auch wenn die entnommene Liquorprobe blutfrei gewesen war, bluthaltig gefunden.

Serum bzw. Liquor wurde jeweils sofort im Anschluß an die Entnahme scharf zentrifugiert und das zellfreie Zentrifugat der Untersuchung zugeführt.

Tabelle 2

Lebensalter in Jahren	Fälle Liquoruntersuchungen			Fälle Serumuntersuchungen		
	männlich	weiblich	gesamt	männlich	weiblich	gesamt
Bis 40	20	8	28	3	—	3
41—50	16	7	23	3	2	5
51—60	35	14	49	11	2	13
61—70	40	16	56	11	6	17
71—80	18	14	32	6	5	11
81—90	7	6	13	1	—	1
Summe	136	65	201	35	15	50

### Ergebnisse

Nach dem Tode streuen die *Calciumkonzentrationen* im Leichenserum in einem derartigen Ausmaß, daß aus den Ergebnissen Rückschlüsse auf die Todeszeit nicht möglich sind (A)\*.

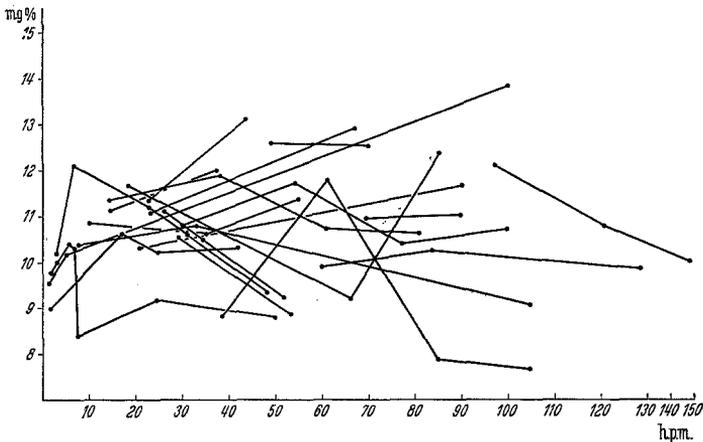


Abb. 1. Serum-Ca im Blut der rechten Herzkammer, in Beziehung zur Todeszeit gesetzt. Mehrfachpunktionen, zusammengehörige Ergebnisse durch Striche verbunden. Todesursache unberücksichtigt. 20 Leichen, 63 Punktionen

Wenn die rechte Herzkammer *mehrfach* in zeitlichen Abständen punktiert wurde, bewegen sich die fortlaufenden Ergebnisse in ungeordneter Weise (Abb. 1).

Daß der Elektrolytgehalt im Serum des Blutes der rechten Herzkammer in auffälliger Weise streut, ist verständlich. Die Blutfülle der rechten Herzkammer

\* Siehe Vermerk am Ende der Arbeit.

steht in einem Abhängigkeitsverhältnis zu den Kreislaufbedingungen der Agone und der sich bald einstellenden Totenstarre der glatten Muskulatur, zudem besitzt die rechte Kammer ein relativ großes Nachflußreservoir. Die Diffusionsbedingungen dürften auch von Fall zu Fall variieren.

Die *Natriumbestimmungen* im Serum zeigen ähnliche Verhaltensweisen. Es entsteht der Eindruck, daß der Natriumgehalt mit zunehmender Todeszeit unregelmäßig stark absinkt (Abb. 2).

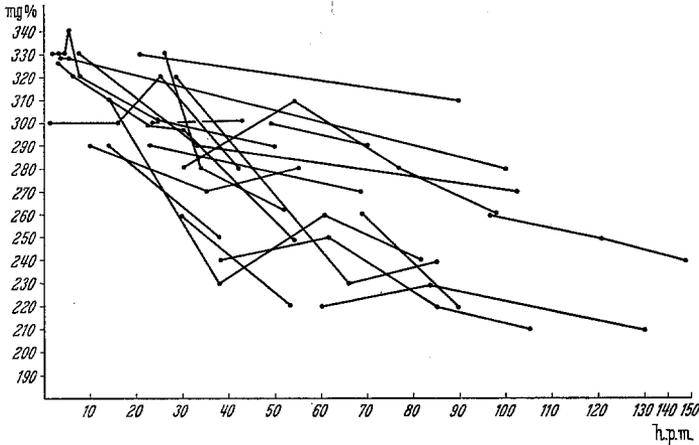


Abb. 2. Serum-Na im Blut der rechten Herzkammer, in Beziehung zur Todeszeit gesetzt. Mehrfachpunktionen, zusammengehörige Ergebnisse durch Striche verbunden. Todesursache unberücksichtigt. 20 Leichen, 63 Punktionen

Um die Brauchbarkeit der Elektrolytuntersuchungen im Rahmen der Todeszeitbestimmungen beurteilen zu können, wurden Meßergebnisse im Serum des Blutes aus verschiedenen Gefäßgebieten verglichen. Die Resultate streuen sowohl bei Calcium wie bei Natrium in einem Ausmaß, daß es berechtigt erscheint, die Elektrolytbestimmungen im Serum als unzweckdienlich zu erachten. Da das zu untersuchende Blut aus mehreren, bis zu 6 verschiedenen, Entnahmeorten gleichzeitig gewonnen und untersucht wurde, beweisen die abweichenden Ergebnisse den Unwert dieser nekrochemischen Untersuchungen im Rahmen der Todeszeitbestimmung (Abb. 3 und 4).

Es erschien vorstellbar, dem Hämatokritwert eine Bedeutung für die postmortale Entwicklung des Mineral- und Wassergehaltes im Serum zuzuweisen. Der Vergleich bzw. die Gegenüberstellung des Hämatokritwertes mit dem Natrium- bzw. Calciumgehalt zeigt eindeutig, besonders auch bei Berücksichtigung der Todeszeit, daß der Calcium- und Natriumgehalt des Leichenserums nicht in direktem Abhängigkeitsverhältnis zu ihm stehen.

Zusätzlich wurden bei 5 Leichen Hämatokrit- und Elektrolytmessung aus den verschiedenen Untersuchungsgebieten vorgenommen: Aus

beiden Herzkammern und beiden Achsel- bzw. Oberschenkelvenen. Trotz gleicher Entnahmezeit weichen die Hämatokritwerte verständlicherweise voneinander ab. Unternimmt man es trotzdem, sie jeweils

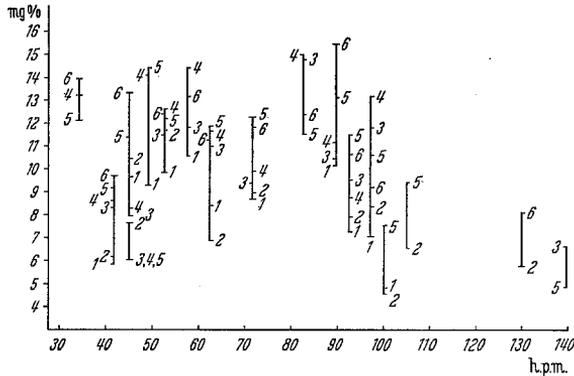


Abb. 3. Ca-Werte im Serum, verschiedene Entnahmeorte, gleiche Entnahmezeit. 17 Leichen, 74 Meßpunkte. (1: re. Herz, 2: li. Herz, 3: re. V. axillaris, 4: li. V. axillaris, 5: re. V. femoralis, 6: li. V. femoralis)

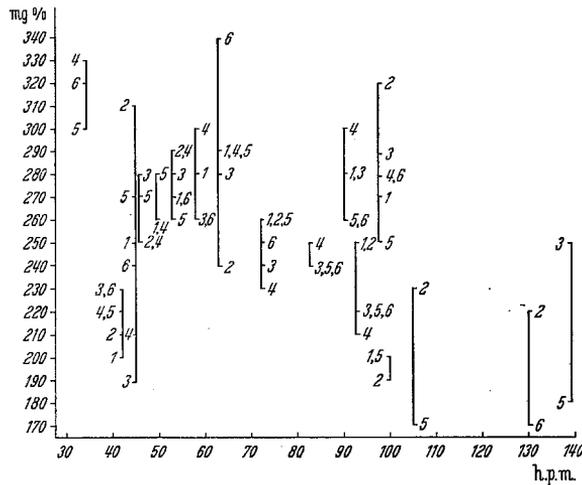


Abb. 4. Na-Werte im Serum. Gleiche Bedingungen wie Abb. 3

auf den zugehörigen Elektrolytwert zu projizieren, ergeben sich für Calcium wie Natrium unterschiedlichste Ergebnisse.

Es erschien vorstellbar, daß das *Hirnwasser* derartige Abweichungen nicht aufzeigen würde. Für *Calcium* resultiert eine Punktwolke mit der Tendenz, in der späteren Leichenzeit höhere Werte als in der frühen aufzuzeigen (Abb. 5). Bei den *Natrium*konzentrationen läßt sich ein leichtes Absinken im Laufe der fortschreitenden Leichenzeit feststellen

(Abb. 6). Aber auch hier streuen die Ergebnisse in einem Ausmaß, daß exakte Rückschlüsse auf die Todeszeit unmöglich zu ziehen sind. Auf Grund eines leichten Anstiegs der Calciumkonzentrationen bzw. eines

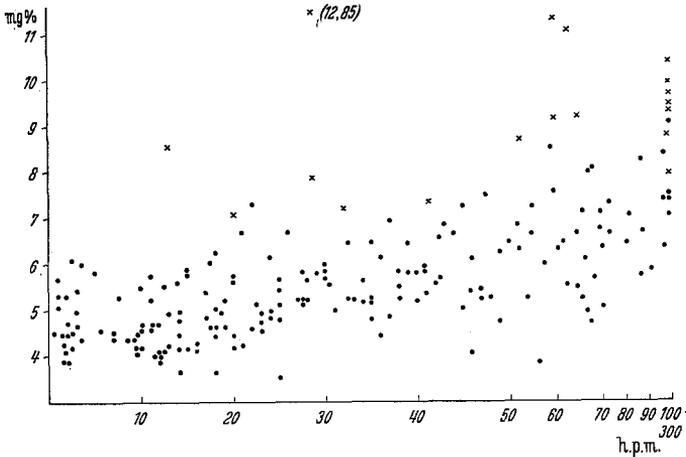


Abb. 5. Ca-Werte im Liquor, in Beziehung gesetzt zur Todeszeit. 201 Leichen, 201 Meßpunkte. Erstpunktion der Cysterne. Todesursache unberücksichtigt. Fäulnisleichen bzw. im Text aufgeführte Todesursachen mit × gekennzeichnet

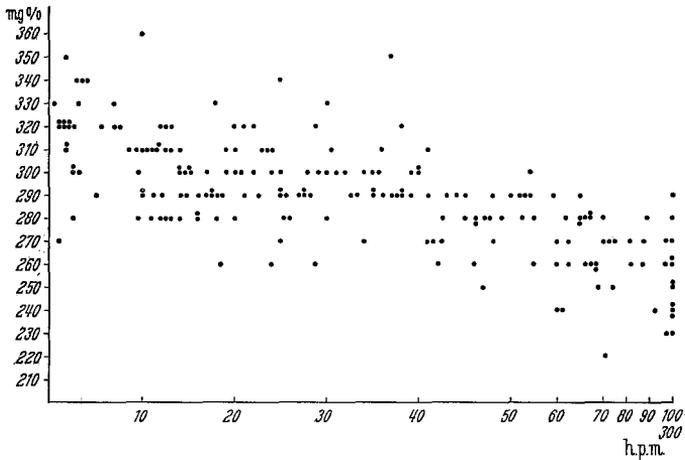


Abb. 6. Na-Werte im Liquor, in Beziehung gesetzt zur Todeszeit. Gleiche Bedingungen wie Abb. 6

Abfalls der Natriumkonzentrationen allein kann man nicht auf den Zeitpunkt des Todes rückfolgern.

Der Mineralgehalt im Liquor wurde weiter nach *Geschlecht* und *Todesursache* der untersuchten Leichen differenziert. Die Befunde von 108 Verstorbenen, die plötzlich und unerwartet auf der Straße oder im

Betrieb an einem akuten Herztod erlegen waren, zeigen ein gleiches Bild wie das Gesamtmaterial: der Calciumspiegel steigt in einer Punkt- wolke nach dem Tode leicht an, der Natriumspiegel sinkt ab (C und D). Auch bei den übrigen Todesursachen läßt sich keine andere Ableitung treffen.

Die Eigenart unseres Sektionsgutes läßt längere Krankheitszustände nicht bekunden. Klinisches Sektionsmaterial dürfte eine größere Variationsbreite der Ergebnisse haben. Bei einzelnen Fällen jedoch wurde der Calciumgehalt des Liquors auffällig erhöht befundet. Urämie

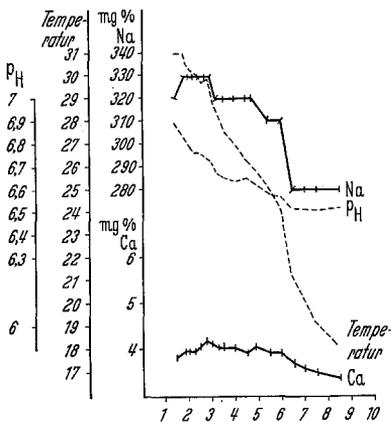


Abb. 7. Ca- und Na-Werte sowie pH und Temperatur des Liquors bei mehrfacher, in zeitlichen Abständen erfolgter Entnahme

(1mal), Status epilepticus (1mal), hepatocellulärer Ikterus (1mal), Äthylalkoholvergiftung (1mal), Verblutungstod nach Halsschnitten (2mal), Säuglingsbronchopneumonie (3mal), Säuglingsdystrophie (1mal) und bei frischerer größerer zentraler Encephalomalacie (1mal). Auch bei vorgeschrittener Fäulnis in früherer Leichenzeit (Bettleichen) waren die Calciumwerte erhöht, der Liquor hämolytisch.

Wurde die Cysteine in zeitlichen Abständen zweimal punktiert, ergab sich der gleiche Effekt: Anstieg des Calciums und Abfall des Natriums (E).

Bei einzelnen Leichen war es möglich, in der frühen Leichenzeit in kürzeren Abständen *mehrfach* Liquor zu gewinnen. Die Ergebnisse wichen nur unwesentlich von den Einzelbestimmungen ab. Auffällig war allein das Verhalten des Calciums — Drainageeffekt? Der Calciumspiegel verhält sich ähnlich, wie RIEBELING\* es nach kontinuierlicher Liquorentnahme anlässlich eines kompletten Luft-Liquoraustausches für die lumbale bzw. suboccipitale Encephalographie bei Lebenden beobachten konnte. Der Natriumgehalt dieser Serie fiel (ident zu den Serumwerten) stets ab. Darüber hinaus ist eine Abhängigkeit des Elektrolytgehaltes vom pH und der Temperatur des Liquors nicht erkennbar (Abb. 7).

Wegen der vom Lebensalter abhängigen unterschiedlichen Calciumkonzentrationen im Hirngewebe (FREY) wurde der Elektrolytgehalt in Beziehung zum *Lebensalter* und der Todeszeit gesetzt. Es lassen sich

\* Persönliche Mitteilung von Herrn Prof. Dr. C. RIEBELING, Pathophysiologisches Laboratorium der Psychiatrischen und Nervenlinik der Universität Hamburg (Prof. Dr. BÜRGER-PRINZ).

weder für Calcium noch für Natrium Abhängigkeiten erkennen, auch dann nicht, wenn man die Ergebnisse nach dem *Geschlecht* aufteilt.

Weiterhin wurde die Relation Liquor—Natrium zu Liquor—Calcium innerhalb der einzelnen Todeszeiten einer Sichtung unterzogen. Wie erwartet, bestehen zwischen den Natriumkonzentrationen und den jeweils zugehörigen Calciumwerten keine Abhängigkeiten. Als Beispiel mögen die Ergebnisse zwischen der 11.—20. h. p. m. dienen (F). Des weiteren wurde der Elektrolytgehalt des *Serums* zum entsprechenden Gehalt des *Liquors* — zeitgleiche Gewinnung des Untersuchungsgutes — in den einzelnen Phasen der Leichenzeit in Beziehung gesetzt. Zwischen Serum und Hirnwasser bestehen für beide Elektrolyte keine festen Bindungen (G und H).

Die wiedergegebenen Befunde beziehen sich auf den Liquor der Cysterne. Wie groß die Variationsbreite der Ergebnisse und von welcher Bedeutung der Ort der Entnahme ist, zeigen Ergebnisse nach einer vergleichenden gleichzeitigen Materialgewinnung aus Cysterne, den Ventrikeln und dem Lumbalsack (z. B. Entnahme 28 h. p. m., 44jähriger Mann, Coronartod:

linker Seitenventrikel:	Natrium 280 mg-%, Calcium 4,6 mg-%
Cysterne:	Natrium 290 mg-%, Calcium 5,6 mg-%
Lumbalsack:	Natrium 330 mg-%, Calcium 6 mg-%

Die streuenden Ergebnisse bestätigen SCHOURUPS Erhebungen hinsichtlich Milchsäure, Rest-N, Aminosäuren, Zucker und Protein. SCHOURUP spricht in diesem Zusammenhang die Vermutung aus, daß eine unterschiedliche Lagerung und Bewegung der Leiche vor Gewinnung des Untersuchungsmaterials Einfluß auf die Untersuchungsergebnisse nehmen könnte.

#### *Diskussion*

Entscheidend für die Beantwortung der Problemstellung war die Frage der vitalen Bezugsgrößen mit ihrer pathologischen Schwankungsbreite. Auf diese mußten die erhaltenen Werte projiziert werden.

In welcher Form Calcium in der Körperzelle vorliegt, ist nicht vollkommen geklärt. Im Plasma lassen sich zumindest 3 Fraktionen trennen: Colloidal-eiweißgebundenes Calcium im ersten Fall, ionisiertes im zweiten und nicht-ionisiertes im dritten. Beim letzteren handelt es sich allerdings, wie im zweiten Fall auch, um ultrafiltrables Calcium. Ionisiertes Calcium wurde bei Gesunden mit 5,9—6,5 mg/100 ml Plasmawasser, proteingebundenes mit 3,4—3,9 mg bestimmt (FANCONI u. ROSE). Ein Gleichgewichtszustand zwischen der ionisierten und der leicht spaltbaren Calcium-Eiweißverbindung besteht. Über das Bindungsvermögen menschlichen Albumins findet sich folgende Aussage: 4,5 mg Ca/g Protein. Bei Hungerkranken vergrößert sich der Anteil ultrafiltrierbaren Calciums, er beträgt 73% gegenüber 59% bei Gesunden, erklärlich aus dem Eiweißdefizit.

Veränderung der Eiweißwerte und des Albumin-Globulinquotienten im Leben und nach dem Tode beeinflussen den Calciumgehalt.

Da die Serumproteine in den ersten 36 Std p.m. keine wesentliche Änderung erfahren (SCHLEYER, SCHLAG u. DAVES), dürften die Elektrolytergebnisse durch das Verhalten des Serumeiweißes nicht beeinträchtigt werden. SCHLEYER konstatierte übrigens zumeist eine stete Erhöhung der  $\beta$ -Globuline.

Über die p.m. Calciumkonzentrationen im Serum findet sich eine Reihe von Untersuchungen. Calciumwerte im Plasma bzw. im Vollblut der rechten Herzkammer sollen während der ersten 12 Std p.m. keine Abweichung von der Norm zeigen (11 Fälle). In 5 Fällen schien der Calciumwert deutlich erhöht zu sein (JETTER). Diese Ergebnisse bestätigen JACOBI'S Kontrollen der ersten 30 Std p.m. an Herz- und Femoralisblut (28 Leichen), bzw. WALDMANN, sowie HARTEL u. WALDMANN der ersten 48 Std p.m. Letztere nehmen sogar an, daß die in der ersten Zeit nach dem Tode vorgenommenen Serum-Calciumbestimmungen einen Rückschluß auf das intravitale Verhalten zulassen. Der postmortale Calciumwert wäre ein Indicator krankheitspezifischer Störungen des Mineral-(Protein-) Haushaltes. Diesen Schlußfolgerungen können wir auf Grund unserer Ergebnisse nicht zustimmen.

Zu Lebzeiten dürfte der Natrium- wie Calciumgehalt im Serum eines gesunden Menschen in allen Gefäßgebieten annähernd gleich sein. Die Resultate differieren p.m. in den verschiedenen Körperregionen in einem Ausmaß, daß weder ein Rückschluß auf den intravitale Elektrolytgehalt noch auf die Todeszeit möglich erscheint. Die große Zahl der Ergebnisse bei Entnahme aus nicht nur einer Körperregion, sondern — besonders bei gleichzeitiger Blut- oder Liquorgewinnung — aus verschiedenen Gebieten lassen zwar eine gewisse Tendenz des Calciumspiegels nach dem Tode erkennen, die Variationsbreite weist aber unzweifelhaft den Unwert der Nekrochemie für eine Todeszeitbestimmung auf.

Das Verhalten des Hämatokritwertes wie der Natrium- und Calciumkonzentrationen der aus verschiedenen Körperregionen gewonnenen Blutproben läßt schlüssig erkennen, daß ein uniformer Zusammenbruch der Schrankenfunktionen nicht eintritt.

Trotz idealer Vorbedingungen: Fulminanter Todeseintritt, Rückenlagerung der Leiche und annähernd gleiche Umgebungstemperatur: keine idealen Ergebnisse!

Da wir von einem in bezug auf den Krankheitsablauf relativ einfach gestalteten Sektionsgut ausgehen konnten, verwerfen diese Differenzen nicht nur eine Todeszeitbestimmung, sondern auch einen Rückschluß auf den vitalen Natrium- wie Calciumspiegel. Wenn die in der Dissertation von WALDMANN niedergelegten Ergebnisse und von HARTEL u. Mitarb. publizierten Befunde sich auf 291 Fälle beziehen und wir bezüglich der Serumkontrollen 50 Leichen mit 167 Einzelbestimmungen gegenüberstellen, so dürften unsere Rückschlüsse doch relevant sein. Mit einem uniformen Sektionsgut wurden derartige Differenzen verzeichnet, daß wir die Untersuchungen als wenig zweckdienlich ab-

brachen. Wir konnten die Problematik der Verwertung nekrochemischer Befunde durch Mehrfachentnahmen, durch Untersuchungen aus verschiedensten Körpergebieten und durch Gegenüberstellung der Elektrolytkonzentrationen mit den Hämatokritwerten erfassen.

Gleichsinnig wie im Serum beeinflussen auch Veränderungen im Eiweißspiegel des Liquors den Calciumgehalt. Bei einer Bewertung von *Liquorergebnissen* ist kritisch zu bedenken, daß 2 Schrankenfunktionen nach dem Tode zusammenbrechen: die Blut-Hirn- und die Blut-Liquor-Schranke.

Den Capillarendothelien des Gehirns spricht man eine von den Gefäßen anderer Organe abweichende Permeabilitätsfunktion zu. Sie sollen die Blut-Hirn-Schranke gewährleisten. Der Gefäßwand würde demnach die entscheidende Bedeutung für postmortale Elektrolytwerte im Liquor zufallen. EDSTRÖM stellte eine nicht uninteressante Hypothese auf, nach der eine vaskuläre Barriere nicht bestehen soll. Ein extravaskulärer und extracellulärer Raum existiere im Gehirn nicht. Die Schrankenfunktion würde von der dichten Packung der Hirnzellen an der Gefäßwand ausgeübt, eine Packung, die wesentlich dichter als bei den übrigen Organen ist. Der Elektrolytgehalt des Liquors sei unter Einbau der Edströmschen Vorstellungen nicht nur über den Zusammenbruch der Gefäßwand, sondern auch über den anliegenden Hirnzellen beeinflussbar.

Nach den Versuchsergebnissen mit TTC wie mit Vitalfarbstoffen bricht die Blut-Hirn-Schranke bereits in Minutenfrist nach dem Tode bis zum völligen Versagen zusammen (BECKER u. QUADBECK). Bei Hund und Kaninchen wurde nach Trypanblaugaben 2 Std p.m. ein totaler Zusammenbruch konstatiert (EICH u. WIEMERS). Die Blut-Liquor-Schranke stellt ihre Funktion sogar noch vor der Blut-Hirn-Schranke ein. Inwieweit die postmortale Säuerung in den einzelnen Regionen eingreift, ist zudem zu bedenken. Nicht nur der eigene Elektrolytgehalt der Körperflüssigkeiten, sondern auch der der Organe selbst nimmt Einfluß auf die Entwicklung der Elektrolytkonzentrationen in den Körperflüssigkeiten. Um die Schwierigkeiten einer Auslegung von Befunden aufzuzeigen, sei auf die abweichenden Angaben des Calciumgehaltes des Gehirns hingewiesen:

4—6 mg (EAVES) bzw. 3,2—5,8 mg/100 g Frischgewicht (MÜLLER, SCHMIDT u. GREENBERG, LINDER). Die Schwankungsbreite findet vielleicht im folgenden ihre Deutung: Im Laufe des Lebens verändert sich der Calciumgehalt des Gehirns. Im ersten Lebensmonat werden nur 52%, im 10. Lebensjahr nur 44% der bei Feten festzustellenden Werte gefunden (FREY). Weiter zeigt die menschliche Hirnsubstanz in den einzelnen Regionen einen wechselnden Calciumgehalt. In 1 kg Frischgewicht wurden folgende Werte bestimmt (WELL):

Graue Substanz	= 5,19 m/Äq.
Weißer Substanz	= 7,09 m/Äq.
Kleinhirn	= 5,14 m/Äq.
Rückenmark	= 8,93 m/Äq.

Kontrolluntersuchungen von RIEBELING in den dreißiger Jahren bestätigten die Differenzen.

Entsprechend den großen Flüssigkeitsunterschieden des Gehirns schwankt der Natriumgehalt erheblich: 117—220 mg/100 g Frischgewicht (BOULANGER, MÜLLER, EICHELBERGER u. a.).

In den einzelnen Hirnbereichen fand WEIL erhebliche Natriumdifferenzen:

Graue Substanz	= 87,3 m/Äq.	} kg Frischgewicht
Weißer Substanz	= 97,8 m/Äq.	
Kleinhirn	= 95,7 m/Äq.	
Rückenmark	= 87,4 m/Äq.	

Wichtiger als die absolute Höhe ist die Differenz. Hirnerkrankungen sollen die Calciumkonzentration nicht beeinträchtigen, lediglich Blutungen — auch in mikroskopischer Größe — (EAVES), ferner chronische epidemische Encephalitiden.

Da wir bei der Gewinnung des Liquors die Cyste punktierten, sind wir von den Weilschen Befunden — Beeinflussung durch das umgebende unterschiedlich calciumenthaltende Gewebe — unabhängig. Die gleiche Einflußsphäre hätte die Liquorergebnisse folglich nur beeinträchtigen können. Daß der Entnahmeort des Liquors von großer Bedeutung ist, ergaben die Untersuchungen nach Injektion von  $^{24}\text{Na}$ : Ventrikel > Cyste > Lumbalsack (SWEET u. a.).

Einflüsse wären weiterhin durch eine postmortale Durchmischung des Liquors denkbar. Die Lagerung des Körpers und damit eine Verlagerungsmöglichkeit des Hirnwassers kann Effekte zeigen. Die von uns bevorzugt untersuchten plötzlichen Todesfälle waren unmittelbar nach dem Tode in Rückenlage gebracht worden. Der Lagerungseffekt dürfte bei unserem Material somit keinen wesentlichen oder zumindest nur einen gleichsinnigen Einfluß ausgeübt haben. Daß der Hypostase und der Diffusion mit der zwangsläufig verbundenen Verschiebung der Elektrolytkonzentrationen eine Bedeutung zukommt, ist erklärlich.

Man wird aber bei sofortiger Verbringung eines Körpers p.m. in Rückenlage und Punktion der seitengleichen Gefäße ähnliche Elektrolytkonzentrationen im Serum der korrespondierenden Gefäße erwarten können. Dem ist aber nicht so! Mögen wir uns bescheiden, eine Großzahl verschiedenster Faktoren nimmt Einfluß. Der Nekrochemie kann kein Wert für die Todeszeitbestimmung zukommen.

Da der Drainageeffekt nach Liquorpunktionen bereits während des Lebens in unterschiedlicher, nicht voraussagbarer Weise Einfluß auf den Calciumspiegel nimmt (RIEBELING), wurden Kontrollen vorgenommen. Die Verhaltensweise war die gleiche wie bei den Untersuchungen an Lebenden. Der Calciumspiegel verhielt sich auf die wiederholten Liquorpunktionen in unterschiedlicher Weise. Wegen der allgemeinen p.m. streuenden Ergebnisse läßt sich das Verhalten des Mineralgehalts schwerlich erklären. Wenn man RIEBELINGS Befunde berücksichtigt, ist es verständlich, daß sich der Cystenliquor nach dem Tode auf eine Drainage bezüglich seines Elektrolytgehaltes nicht gleichsinnig verhalten kann.

Natrium, Calcium und Chlor haben die Aufgabe, den osmotischen Druck in den Körperflüssigkeiten aufrechtzuerhalten und die Neutralisation saurer Valenzen im extracellulären Raum zu ermöglichen. Allein schon wegen des postmortalen  $p_{\text{H}}$ -Abfalls müssen erhebliche Verschiebungen im Elektrolytgehalt der Körperflüssigkeiten auftreten.

Die Überlegung, daß eine Vielzahl von Faktoren auf die Schrankenfunktion und die postmortale Diffusion und damit auf den Mineralgehalt der Körperflüssigkeiten selbst in der frühen Leichenzeit einwirkt, steuerte unsere Untersuchungen. Aus den Ergebnissen muß rückgefolgert werden, daß der Natrium- wie Calciumgehalt im Serum wie im Liquor selbst in der frühesten Leichenzeit weder ein Indiz für die Todeszeit noch für den vitalen Mineralgehalt abgibt.

### Literatur

BECKER, H., u. G. QUADBECK: Vitalversuche am Zentralnervensystem mit Triphenyltetrazoliumchlorid. *Naturwiss.* **37**, 565 (1950). — BENETATO, G., et P. CIURDARIU: Influence de l'âge sur le potassium tissulaire. *C.R. Soc. Biol. (Paris)* **132**, 177 (1939). — BOGATZKI, M., C. G. SCHMIDT u. L. FISCHER: Über den Glykogen- und Kaliumgehalt des denervierten atrophischen Muskels. *Z. ges. exp. Med.* **119**, 457 (1952). — BROMAN, T.: Über cerebrale Zirkulationsstörungen. *Acta path. microbiol. scand. Suppl.* **42** (1940). — DAVIES, R. E., and H. A. KREBS: Biochemical aspects of the transport of ions by nervous tissue. *Biochem. J.* **50**, XXV (1952). — DEMME, H.: Die Liquordiagnostik in Klinik und Praxis, 2. Aufl. München u. Berlin: Urban & Schwarzenberg 1950. — DIVOUX, G.: Untersuchungen über den Milchsäuregehalt von Liquor und Serum in Beziehung zum Leichenalter. Diss. Bonn 1958. — DODEN, W., H. J. HILLENBRAND, F. MENNE, K. B. PFENNINGS, H. RODECK u. N. WOLF: Pathologisch-anatomische und physiologisch-chemische Untersuchung der Extremitätenmuskulatur bei Endangitis obliterans und anderen chronischen, peripheren Durchblutungsstörungen. *Z. ges. exp. Med.* **119**, 590 (1952). — DUMMER, G. M.: Über den Kaliumstoffwechsel und die Kaliumsubstitution bei chirurgischen Eingriffen. *Chirurg* **29**, 541 (1958). — DURLACHER, St. H., H. C. FREIMUTH and H. E. SWAN: Blood changes in man following death due to drowning. *A.M.A. Arch. Path.* **56**, 454 (1953). — EAVES, E. C.: A contribution to the study of deposits containing calcium and iron in the brain. *Brain* **49**, 307 (1926). — Some observations on calcium and phosphorus in the brain in different conditions. *Brit. J. exp. Path.* **12**, 113 (1931). — EDSTRÖM, R.: An explanation of the blood-brain barrier phenomenon. *Acta psychiat. scand.* **33**, 403 (1958). — EICH, J., u. K. WIEMERS: Über die Permeabilität der Bluthirnschranke gegenüber Trypanblau, speziell im akuten Sauerstoffmangel. *Dtsch. Z. Nervenheilk.* **164**, 537 (1950). EICHELBERGER, L., R. B. RICHTER and M. ROMA: Water, nitrogen and electrolyte concentration in brain. *J. biol. chem.* **154**, 21 (1944). — FREY, G.: Über den Hirncalciumgehalt bei Säuglingen. *Med. Diss. vom 11. 3. 1941*, Göttingen. — HALD, P. M.: The flame photometer for the measurement of sodium and potassium in biological materials. *J. biol. Ch.* **167**, 499 (1947). — HALLMANN, LOTHAR: Klinische Chemie und Mikroskopie. Ausgewählte Untersuchungsmethoden für das medizinisch-chemische Laboratorium. 6. neubearb. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme 1950. — HARRISON, G. A.: Chemical methods of clinical medicine, 3. edit. London: Churchill 1947. — HARTL, F., I. WALDMANN u. M. EDER: Der postmortale Calcium-Phosphor-Spiegel im Blutserum und seine Brauchbarkeit als Indikator für den

Mineralhaushalt besonders im Hinblick auf das Skelet. *Klin. Wschr.* **32**, 546 (1954). — HEUBNER, W.: Der Mineralbestand des Körpers. In A. BETHE u. G. v. BERGMANN'S *Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie*, Bd. 16, S. 1464ff. Berlin: Springer 1931. — JACOBY, F.: Chemische Untersuchungen am Leichenblut. Ein Beitrag zur Blutgerinnungs- und Thrombosefrage. *Virchows Arch. path. Anat.* **274**, 392 (1929). — JANSSEN, W. H., u. A. M. LOEW: Die Mineralstoffe des menschlichen Blutes; der Gehalt des normalen Blutserums an Kationen und Anionen. *Dtsch. Arch. klin. Med.* **154**, 195 (1927). — JETTER, W. W., R. MC LEAN und M. K. NUTTER: Post-mortem biochemical changes. *Amer. J. Path.* **25**, 789 (1949). — KREBS, H. A., and V. L. EGGLESTON: Distribution of glutamine and glutamine acid in animal tissues. *Biochem. J.* **44**, 159 (1949). — KREBS, H. A., L. V. EGGLESTON and C. TERNER: Potassium exchange of brain and retina. *Biochem. J.* **47**, XXXV (1950). — LINDER, G. C.: Effect of rickets and of ergosterol on brain and liver calcium of young rats. *Biochem. J.* **34**, 1574 (1940). — LLOYD, H. M., and G. A. ROSE: Ionised, protein-bound and complexed Calcium in the plasma in primary hyperparathyroidism. *Lancet* **1958**, 1258. — LOHMANN, K., u. P. OHLEMAYER: In B. FLASCHENTRÄGER u. E. LEHNARTZ, *Physiologische Chemie*, Bd. II/2a, S. 570—612. Berlin: Springer 1956. — MASON, J. K., W. KLYNE and B. LENNOX: Potassium levels in the cerebrospinal fluid after death. *J. clin. Path.* **4**, 231 (1951). — Mc LENNAN, H., and E. J. HARRIS: The effect of temperature on the content and turnover of sodium and potassium in rabbit nerve. *Biochem. J.* **57**, 329 (1954). — MERRILL, J. P., H. D. LEVINE, W. SOMMERVILLE and ST. SMITH: Clinical recognition and treatment of acute potassium intoxication. *Ann. intern. Med.* **33**, 797 (1950). — MOND, R.: Untersuchungen über den Zustand der Eiweißkörper des Plasmas und Serums. 1. Mitt. Sind die Serumeiweißkörper an Alkali gebunden? *Pflügers Arch. ges. Physiol.* **199**, 187 (1923). — MÜLLER, L. R.: Über Ermüdung und über Erholung. *Klin. Wschr.* **18**, 113 (1939). — MURRAY, E. F., and W. HORDYNSKY: Potassium levels in the cerebrospinal fluid and their relation to duration of death. *J. forensic Sci.* **3**, 480 (1958). — PAULI, W., u. M. SAMEC: Über die Löslichkeitsbeeinflussung von Elektrolyten durch Eiweißkörper. I. *Biochem. Z.* **17**, 235 (1909). — PONDER, E.: Hemolysis and related phenomena. New York: Grune & Stratton 1948. — SCHARREINA, M.: Flammenphotometrische Untersuchungen über den postmortalen Kaliumgehalt von Serum und Liquor in Beziehung zu Leichenalter und Todesursache. Diss. Bonn 1958. — SCHLEYER, F.: Postmortale Blutviskosität, Blutzellenvolumen, osmotische Erythrocytenresistenz und Blutkörperchensenkung in Beziehung zu Leichenalter und Todesursache. *Virchows Arch. path. Anat.* **331**, 276 (1958). — SCHLEYER, F. u. K. SELLIER: Untersuchungen über den postmortalen Kaliumgehalt in den verschiedenen Venengebieten der Leiche. *Z. ges. inn. Med.* **13**, 805 (1958). — SCHMIDT, C. L. A., and D. M. GREENBERG: Occurrence transport and regulation of calcium, magnesium and phosphorus in animal organism. *Physiol. Rev.* **15**, 297 (1935). — SCHOURUP, K.: Dotstidbestemmelse på grundla af postmortelle Cisternevaedskeforandringer og det postmortelle axiltemperaturfald. Kopenhagen: Dansk Videnskabs Forlag 1950. — SIEGRIST, H., u. H. H. MEYER: Der Kaliumgehalt des Liquors. *Klin. Wschr.* **32**, 549 (1954). — SOKOLOVITCH, M.: Contribution on the distribution of Calcium content in blood of children. *Brit. J. exp. Path.* **12**, 150 (1931). — SPATZ, H.: Die Bedeutung der vitalen Färbung für die Lehre vom Stoffaustausch zwischen dem Zentralnervensystem und dem übrigen Körper. Das morphologische Substrat der Stoffwechselfehrerkrankung im Zentralorgan. *Arch. Psychiat. Nervenkr.* **101**, 267 (1933). — STREEF, G. M.: Sodium and calcium content of erythrocytes. *J. biol. Chem.* **129**, 661 (1939). — SWEET, W., A. SOLOMON and B. SILVERSTONE: Studies of formation, diffusion and absorption of cerebrospinal fluid. *Trans. Amer. neurol.*

Ass., 228 (1948). — THELEN, H.: Über den Calciumgehalt des Blutplasmas und Serums. Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem. **246**, 194 (1937). — UNGER, H.: Über den Kaliumgehalt des Serums und des Liquors. Z. ges. Neurol. Psychiat. **150**, 757 (1934). — WALDMANN, I.: Der postmortale Calcium-Phosphorspiegel im Blut und seine Bedeutung für die Pathologie des Stoffwechsels unter besonderer Berücksichtigung des Skeletts. Diss. München 1954. — WEIL, A.: Vergleichende Studien über den Gehalt verschiedenartiger Nervensubstanz an Aschenbestandteilen. Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem. **89**, 349 (1914). — WELLER, I. M., and J. M. TAYLOR: Some problems of potassium metabolism. Ann. intern. Med. **33**, 607 (1950).

Vermerk: Folgende graphische Auswertungen können von den Verfassern auf Anforderung übersandt werden: A) Serum-Ca im Blut der rechten Herzkammer, in Beziehung gesetzt zur Todeszeit. 40 Erstpunktionen, Todesursache unberücksichtigt. — B) Dasselbe für Serum-Ca. — C) Ca-Werte im Liquor bei akutem Herztod, in Beziehung zur Todeszeit gesetzt. 108 Meßpunkte, Erstpunktionen der Cyste. D) Dasselbe für Liquor-Na. — E) Verhalten der Elektrolytkonzentration im Liquor bei zweizeitiger Punktion der Cyste. 11 Leichen, 22 Meßpunkte. — F) Relation von Na- und Ca-Konzentration im Liquor. 40 Fälle. Todeszeit 11—20 h. p. m. — G) Relation von Serum-Ca zu Liquor-Ca bei gleicher Entnahmezeit. 35 Fälle. — H) Dasselbe für Na.

Prof. Dr. G. DOTZAUER, Hamburg 13, Harvestehuder Weg 10  
(Institut für gerichtliche Medizin und Kriminalistik der Universität Hamburg)

Dr. W. NÄEVE, Hamburg 11, Am Elbpark 1  
(Prosektur des gerichtsarztlichen Dienstes der Gesundheitsbehörde Hamburg)