

## Die postmortale Wasserstoffionenkonzentration im Glaskörper des menschlichen Auges in Beziehung zur Todeszeit

D. KRAUSE

Institut für gerichtliche Medizin (Direktor: Prof. Dr. med. habil. W. REIMANN)  
Pathologisches Institut (Direktor: Prof. Dr. med. habil. H. SIMON)  
der Medizinischen Akademie „Carl Gustav Carus“, Dresden

Eingegangen am 9. April 1968

Seit langem ist die Tatsache bekannt, daß sich der pH-Wert in den Körperflüssigkeiten und Geweben nach dem Tode verändert. Es kommt zunächst zu einer Verschiebung zur sauren Seite und später wahrscheinlich durch das Auftreten von basischen Eiweißzersetzungsprodukten wie Aminen und Ammoniak zu einem pH-Anstieg (DOTZAUER und NAEVE, KRUG und THIERBACH, SÜMEGI und FINDEISEN, ZAULI).

Zahlreiche Autoren haben versucht, diese postmortalen pH-Veränderungen zu einer physiko-chemischen Todeszeitbestimmung auszubauen. Zu diesem Zweck wurden pH-Bestimmungen in Liquor (SCHLEYER und PROCH, SÜMEGI und FINDEISEN), Blut (DOTZAUER und NAEVE), verschiedensten parenchymatösen Organen und Muskulatur (GRÄFF und RAPPOPORT), Perikardflüssigkeit (KRUG und THIERBACH), Kammerwasser (DE LAET, ZAULI), Leberhomogenaten, Unterhautfettgewebe, Gehirnbrei (FALLANI und FAZZARI) sowie zahlreiche Tierversuche (LORKE) durchgeführt. Selbst unter Berücksichtigung bestimmter Todesursachen und Grundleiden und unter Beachtung der festgestellten Abweichungen bei kachektischen Leichen und bei plötzlichen Todesfällen (HEISER, KRUG und THIERBACH, RAPPOPORT) war die Variationsbreite der gefundenen Werte so groß, daß sich eine für die Praxis anwendbare Todeszeitbestimmung nicht ableiten ließ.

Die postmortalen Veränderungen der Wasserstoffionenkonzentration im Kammerwasser des menschlichen Auges zeigten mit die deutlichste Korrelation zur Todeszeit (ZAULI). Untersuchungen von STURNER und GANTNER ergaben eine relativ strenge Abhängigkeit des Kaliumspiegels im Glaskörper von der Todeszeit. Es lag die Vermutung nahe, daß in bradytrophen Geweben der biochemische Ablauf der postmortalen Autolyse strengeren Gesetzmäßigkeiten unterworfen ist, als das bei Geweben der Fall ist, die aktiver am Stoffwechsel beteiligt sind und dadurch von den unterschiedlichen agonalen Stoffwechselentgleisungen stärker beeinflußt werden. Es erschien uns deshalb angezeigt, die postmortalen pH-Verschiebungen im Glaskörper hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit als Todeszeitbestimmung zu untersuchen.

Bei 49 Leichen (25 Männer, 24 Frauen) mit bekannter Todeszeit wurde die Wasserstoffionenkonzentration im Glaskörper bestimmt. Zur Gewinnung der Untersuchungsflüssigkeit verwendeten wir eine Injektionsspritze mit einer S-1-Kanüle. Nach Einstechen in den Bulbus von seitlich vorn oder bei eröffnetem Augenhöhlehdach von hinten oben kann man mühelos den Glaskörper absaugen. Aus leichenkosmetischen Gründen haben wir anschließend eine gallertige Stärkelösung in den Bulbus injiziert. Die Wasserstoffionenkonzentration wurde mit dem pH-Meter pH M 1 vom Ilmlabor Ilmenau und einer entsprechenden Glaselektrodenkette gemessen. In den meisten Fällen waren die pH-Werte vom rechten und linken Auge gleich groß oder wiesen einen Unterschied von 0,1—0,2 Einheiten auf. Lediglich einmal konnte eine Differenz von 0,4 Einheiten gefunden werden.

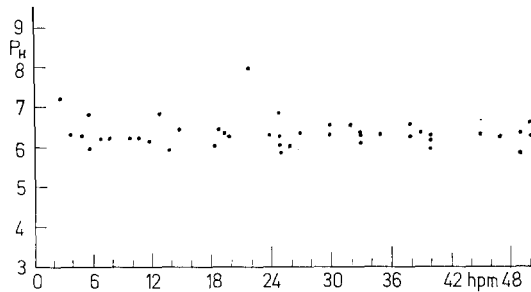


Abb. 1. pH-Wert im Glaskörper des menschlichen Auges in Beziehung zur Todeszeit

Die arithmetischen Mittel der zueinander gehörigen Werte wurden graphisch dargestellt (vgl. Abb.). Auf Grund der unerheblichen Seitendifferenz wurde in manchen Fällen bei Gewinnung von wenig Material der pH-Wert in einer Mischung der Glaskörperflüssigkeiten beider Augen bestimmt.

Die Obduktion ergab bei den untersuchten Fällen folgende Todesursachen: 8 Lungenembolien, 6 Myokardinfarkte, 3 Encephalomalazien, 2 Apoplexien, 7mal andere Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, 11 maligne Geschwülste, 4 Pneumonien, 2 Peritonitiden, 1 Coma uraemicum, 2mal Coma hepaticum sowie 1 Wochenbettklampsie, 1 Schädelbasisfraktur und 1 Periarteriitis nodosa.

Die pH-Messungen wurden 3—70 Std nach Todeseintritt jeweils sofort nach der Entnahme der Untersuchungsflüssigkeit durchgeführt. In 40 von insgesamt 49 Fällen war die 48 Std-Grenze noch nicht überschritten (vgl. Abb.). Es findet sich eine Verteilung der Meßwerte um den Mittelwert 6,36 mit einer absoluten Streuung von pH 5,8—7,9. Die arithmetischen Mittel von den gemessenen pH-Werten der einzelnen 12 Std-Abschnitte unterscheiden sich nicht wesentlich (vgl. Tabelle). Eine eindeutige Abhängigkeit der postmortalen pH-Verschiebungen im

Glaskörper von der Todeszeit läßt sich daraus nicht ableiten. Die gefundene Variationsbreite entspricht etwa den in der Literatur angegebenen Werten in Blut und Liquor (DOTZAUER und NAEVE, SCHLEYER und PROCH).

Dieses Ergebnis ändert sich auch nicht, wenn Stoffwechselerkrankungen, die mit einer stärkeren Beeinträchtigung des Säure-Basen-Gleichgewichts einhergehen, entsprechend berücksichtigt werden. Durch eine Erhöhung der Versuchszahl ist wahrscheinlich analog zu den vergleichbaren Untersuchungen anderer Organe eine gewisse Abhängigkeit

Tabelle. *Postmortale Wasserstoffionenkonzentration im Glaskörper des menschlichen Auges — arithmetische Mittelwerte*

Std post mortem	Anzahl der Fälle	Arithmetisches Mittel der pH-Werte
0—12	10	6,41
12—24	9	6,68
24—36	13	6,26
36—48	8	6,26
48—70	9	6,30
Gesamt	49	6,36

der pH-Mittelwerte von der Todeszeit statistisch zu belegen. Aber selbst dann ließe sich auf dieser Grundlage eine in der Praxis anwendbare Todeszeitbestimmung nicht aufbauen, da durch die erhebliche Streuung der Einzelwerte im konkreten Fall keine bindenden Rückschlüsse auf die Liegedauer einer Leiche zu ziehen sind. Diese Versuchsergebnisse im Zusammenhang mit den neuesten Untersuchungen von STURNER (1967) sprechen dafür, daß offensichtlich keine größeren Unterschiede bestehen zwischen der Autolyse in bradytrophen Geweben und anderen Organen hinsichtlich einer strengeren Zuordnung chemisch-physikalisch faßbarer Veränderungen zu bestimmten Zeitabschnitten post mortem.

### Zusammenfassung

Bei 49 Leichen wurde die Wasserstoffionenkonzentration im Glaskörper des Auges bestimmt. Zwischen 3 und 70 Std post mortem konnte eine eindeutige Abhängigkeit der pH-Werte von der Todeszeit nicht festgestellt werden. Selbst durch eine wesentliche Erhöhung der Versuchszahlen unter Berücksichtigung bestimmter Krankheitsgruppen ist eine strenge Korrelation nicht zu erwarten. Wegen der großen Streubreite der Einzelwerte ist auf dieser Grundlage eine in der Praxis anwendbare

Todeszeitbestimmung nicht aufzubauen. Diese Untersuchungsergebnisse sprechen dafür, daß der biochemische Ablauf der Autolyse auch in bradytrophen Geweben eine relativ große Variationsbreite aufweist.

### Summary

Determination of pH values of the vitreous body on 49 corpses between 3 to 70 hours since death showed no dependence from time of death. Estimation of time of death therefore cannot be based on changes in those bradytroph tissues.

### Literatur

- ADELSON, L., J. SUNSHINE, N. B. RUSHFORTH, and M. MANKOFF: Vitreous potassium concentration as an indicator of the postmortem interval. *J. Forensic Sci.* 8, 503 (1963).
- DOTZAUER, G., u. W. NAEVE: Die aktuelle Wasserstoffionenkonzentration im Leichenblut. *Zbl. allg. Path. path. Anat.* 93, 360 (1955).
- FALLANI, M., e C. FAZZARI: Sulla fluidità del sangue nel cadavere. *Minerva med.-leg.* 74, 1 (1954).
- GRÄFF, S., u. A. E. RAPPOPORT: Methoden und Ergebnisse der Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration des tierischen Gewebes. *Ergebn. allg. Path. path. Anat.* 33, 181 (1937).
- HEISER, F.: Ein Beitrag zur postmortalen pH-Bestimmung menschlicher Organe. *Frankfurt. Z. Path.* 53, 244 (1939).
- HOPPE-SEYLER/THIERFELDER: Handbuch der physiologischen und pathologisch-chemischen Analyse, 10. Aufl., Bd. V: Untersuchungen der Organe, Körperflüssigkeiten und Ausscheidungen. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953.
- KRUG, H., u. P. THIERBACH: Der postmortale Verlauf der Wasserstoffionenkonzentration in der Perikardflüssigkeit in Abhängigkeit von der Todesursache. *Frankfurt. Z. Path.* 74, 307 (1965).
- LAET, M., DE: Recherches sur les modifications du pH dans l'humeur aqueuse chez le cadavre humain. *Ann. Méd. lég.* 16, 497 (1926).
- LORKE, D.: Die postmortale Wasserstoffionenkonzentration an der Oberfläche tierischer Organe. *Diese Z.* 42, 167 (1953).
- Postmortale pH-Messung an der Oberfläche und in der Tiefe tierischer Organe. *Diese Z.* 42, 173 (1953).
- NYMON, L., U. UOTILA, R. LINDFORS u. K. LAIHO: Kaliumgehalt im Glaskörper als Hilfe bei der Todeszeitbestimmung. *Ref. Diese Z.* 58, 46 (1966).
- RAEKALLIO, J.: Bedeutung der histochemischen Methoden für die gerichtliche Medizin. *Aktuelle Fragen gerichtl. Med.* 2, 47 (1967).
- RAPPOPORT, A. E.: Über die postmortale Alkaleszenz der Organe bei Kachexie des Menschen. *Z. ges. exp. Med.* 99, 537 (1936).
- SCHLEYER, F.: Postmortale klinisch-chemische Diagnostik und Todeszeitbestimmung mit chemisch-physikalischen Methoden. Stuttgart: Georg Thieme 1958.
- Versuche zur Todeszeitbestimmung aus dem Phosphatgehalt des Kammerwassers. *Diese Z.* 52, 231 (1962).
- Determination of the time of death in the early post mortem interval. Aus: LUNDQUIST'S Methods of forensic science, vol. II, p. 253—294: Interscience Publ. 1963.

- SCHLEYER, F., u. W. PROCH: Untersuchungen über den postmortalen Liquor-pH in Beziehung zur Leichenzeit. *Zacchia* **33**, 3 (1958).
- STURNER, W. Q.: Die gerichtsmedizinische Bedeutung der Glaskörperflüssigkeit. Aktuelle Fragen gerichtl. Med. **2**, 57 (1967).
- , and G. E. GANTNER: The postmortem Interval. A study of potassium in the vitreous humor. *Amer. J. clin. Path.* **42**, 2, 137—144 (1964).
- — Postmortem vitreous glucose determinations. *J. forensic. Sci.* **9**, 4 (1964).
- SÜMEGI, S., u. L. FINDEISEN: Über Veränderungen der Rückenmarksflüssigkeit nach dem Tode. *Frankfurt. Z. Path.* **41**, 431 (1931).
- ZAULI, A.: Postmortale Veränderungen des pH im menschlichen Augenkammerwasser. *Med. leg. (Genova)* **10**, 173 (1962).

Dr. med. D. KRAUSE  
Institut für gerichtliche Medizin  
der Medizinischen Akademie  
„Carl Gustav Carus“ Dresden  
X 8019 Dresden, Fetscherstr. 74