

Aus dem Institut für gerichtliche und soziale Medizin der Universität Frankfurt a. M.
(Direktor: Prof. Dr. F. WIETHOLD)

Untersuchungen über den Einfluß orthostatisch bedingter Blut- und Wasserverschiebungen auf den Verlauf der Blutalkoholkurve

Von

O. GRÜNER und H. SATTLER

Mit 3 Textabbildungen

(Eingegangen am 1. September 1957)

Bei Untersuchungen über die Ursache der häufig zu beobachtenden Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Blutalkoholkurve wurden wir auf die Bedeutung von Blut- und Wasserverschiebungen hingelenkt [GRÜNER (4), (5)]. Nachdem sich mit Hilfe chemischer (Adrenalin) und physikalischer (Wärme) Einwirkungen deutliche Abweichungen vom „normalen“ Verlauf der Konzentrationskurve erzielen ließen, ging unser Bemühen dahin, möglichst eindeutige Bedingungen für Blut- und Wasserverschiebungen zu schaffen und deren Einfluß auf die Blutalkoholkonzentration zu untersuchen. Hierzu schien uns eine von STEINMANN zur Untersuchung der Blutverteilung angewandte Versuchsanordnung (die wir mit geringen Änderungen übernahmen) besonders geeignet.

STEINMANN konnte zeigen, daß sich 5—9 min nach Inhalation einer abgemessenen CO-Menge am *liegenden* Menschen unter Grundumsatzbedingungen im Ohr-, Finger-, Zehen- und Cubitalvenenblut die gleiche CO-Hb-Konzentration einstellte, während sich unterschiedliche Konzentrationen fanden, wenn die Versuchspersonen 15—30 min vor dem Versuch gestanden und danach eine sitzende Stellung eingenommen hatten. Die CO-Hb-Konzentration war dann im Blut des Ohres am höchsten, im Cubitalvenen- und Fingerblut niedriger und im Zehenblut am niedrigsten. Hieraus war zu schließen, daß im Sitzen ein Teil des Blutes, das im Liegen an der allgemeinen Zirkulation teilgenommen hatte, unter dem Einfluß der Schwerkraft liegen blieb oder nur mit verringerter Geschwindigkeit strömte.

Die Untersuchungsergebnisse STEINMANNs wiesen auf die Bedeutung der Körperstellung für die jeweils an der Zirkulation teilnehmende Blutmenge hin und eröffneten die Möglichkeit, relativ einfach, allein durch orthostatische Einflüsse, Blut- und Wasserverschiebungen zu bewirken. Wir untersuchten deshalb in folgender Weise die Auswirkung der durch Stehen veränderten Zirkulationsverhältnisse auf die Blutalkoholkurve:

14 Versuchspersonen unterschiedlicher Konstitution, Männer und Frauen im Alter von 15—60 Jahren (Durchschnittsalter 40 Jahre), bekamen morgens in nüchternem Zustande (auf leeren Magen) ein alkoholisches, 1 g Alkohol in 4 cm³ enthaltendes, Getränk verabreicht. Das Getränk stellten wir selbst her, indem wir von etwa 96%igem Alkohol nach Bestimmung des spezifischen Gewichtes eine genau 250 g Alkohol entsprechende Menge einwogen, in einem 1 Liter-Meßkolben mit einer Geschmackssenz („Goldstern“ der Firma Reichel) versetzten und auf 1000 cm³ mit Aqua font. auffüllten. Von diesem Getränk bekam jede Versuchsperson 4 cm³ (= 1 g Alkohol) je Kilogramm Körpergewicht. Die Trinkzeit betrug etwa 20—30 min. Rauchen war untersagt. Während des Trinkens und im Anschluß daran bis zur 1. und 2. Blutentnahme, die 2 $\frac{1}{2}$ und 2 $\frac{3}{4}$ Std nach Trinkbeginn durchgeführt wurden, durften die Versuchspersonen nur leichte Bewegungen ausführen. Nach der 2. Blutentnahme (2 $\frac{3}{4}$ Std nach Trinkbeginn) mußten die Versuchspersonen 15 min (bei leichter Anlehnung des Oberkörpers) aufrecht stehen, ohne dabei auch nur die geringsten Bewegungen auszuführen. Im Anschluß daran fand noch im Stehen die 3. Blutentnahme statt. Nun mußten sich die Versuchspersonen 15 min lang stärker bewegen, schnell hin- und hergehen und dabei Arme und Beine kräftig beugen und strecken. Auch mußten sie je nach Vermögen mehrere Kniebeugen machen, wobei erneut Blutentnahmen 5, 10 und 15 min nach Beendigung der „Stehperiode“ durchgeführt wurden. Während der letzten sich anschließenden 15 min genügten wieder leichtere Bewegungen. Danach wurde die letzte Blutentnahme durchgeführt. Alle Blutentnahmen erfolgten mit Hilfe einer mit Natriumfluorid versetzten Venüle aus der Cubitalvene. Die Alkoholbestimmung wurde im Vollblut nach dem modifizierten Widmark-Verfahren auf photometrischem Wege durchgeführt [GRÜNER (1), (2)].

Ergebnisse. Von den 14 Versuchspersonen fielen 4 bei der Durchführung der Versuche aus, da sie während des aufrechten Stehens kollabierten. Es konnten demzufolge nur 10 Versuchsergebnisse ausgewertet werden. 3 Versuchspersonen mußten zwischen 50 und 70 min nach Trinkbeginn erbrechen, wonach sie sich erleichtert fühlten und den Versuch gut überstanden. Den meisten Versuchspersonen fiel es schwer, 15 min lang aufrecht zu stehen. 2 Versuchspersonen standen kurz vor dem Kollaps (Tachykardie, Ausbruch von kaltem Schweiß, Ohnmachtsgefühl, Hautblässe).

Entsprechend unseren Erwartungen fanden wir bei allen 10 Versuchen in der postresorptiven Phase — z. T. recht beträchtliche — Schwankungen der Blutalkoholkurve. Der Abfall der Blutalkoholkurve war bei *allen* Versuchspersonen während der „Stehperiode“ im Vergleich zu den vorausgehenden 15 min beschleunigt. Der durchschnittliche Abfall betrug zunächst bei leichten Bewegungen (15 min) 0,044 $\frac{0}{00}$, während der Stehperiode (ebenfalls 15 min) 0,093 $\frac{0}{00}$ (vgl. Abb. 1). Danach stieg innerhalb von 5 min bei stärkerer Bewegung in 9 von 10 Fällen die Blutalkoholkurve wieder an. In einem Fall trat der Anstieg mit 5 min Verzögerung ein; unmittelbar nach der „Stehperiode“ fiel die Kurve bei dieser Versuchsperson zunächst noch weiter ab. Es handelt sich dabei um eine der 2 Versuchspersonen, die kurz vor dem Kollaps standen. Bei der anderen dieser beiden

Versuchspersonen war ein besonders steiler Abfall während des Stehversuches (Abfall innerhalb 15 min $0,25\text{‰}$) und danach ein extrem steiler Anstieg ($0,16\text{‰}$ innerhalb von 5 min, $0,31\text{‰}$ innerhalb von 10 min) zu bemerken. Im Durchschnitt war der Anstieg 10 min nach der Stehperiode beendet (vgl. Abb. 1 und 3); er trat gelegentlich stufenförmig

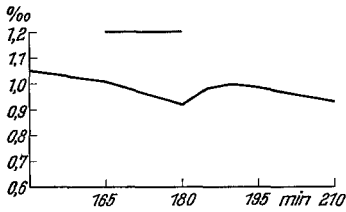


Abb. 1. Verlauf der Blutalkoholkurve vor und nach Stehversuch (Durchschnittswerte)

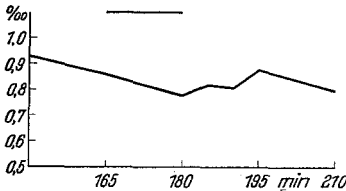


Abb. 2. Verlauf der Blutalkoholkurve vor und nach Stehversuch (bei Versuchsperson J. S.)

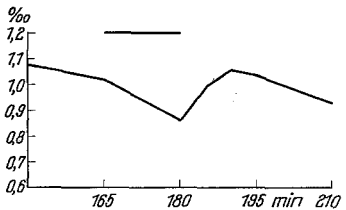


Abb. 3. Verlauf der Blutalkoholkurve vor und nach Stehversuch (bei Versuchsperson E. S.)

ein (vgl. Abb. 2). Danach fiel die Konzentrationskurve wieder ab.

Der mittlere Abfall während des Stehversuchs betrug $0,093\text{‰}$, der durchschnittliche Anstieg innerhalb der folgenden 10 min $0,082\text{‰}$. Im Anschluß hieran fiel die Kurve zunächst um durchschnittlich $0,007\text{‰}$ innerhalb von 5 min, danach um $0,065\text{‰}$ während der weiteren 15 min. Der größte Abfall während der Stehperiode von 15 min betrug $0,25\text{‰}$, der größte Anstieg innerhalb von 10 min $0,31\text{‰}$ (s. oben). Danach folgen Werte von $0,13\text{‰}$ (Abfall während des Stehversuchs) und $0,20\text{‰}$ (Wiederanstieg innerhalb von 10 min; vgl. Abb. 3).

Es fragt sich, wie die bei unseren Versuchen beobachteten Abweichungen vom normalen Kurvenverlauf in der Eliminationsphase zu erklären sind. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen glauben wir sie im wesentlichen auf folgende Ursache zurückführen zu können:

Nicht nur aus den erwähnten Versuchen STEINMANNs sondern auch aus Experimenten anderer Autoren (WOLLHEIM, SJÖSTRAND, EPPINGER u. a.) geht hervor, daß die Körperstellung einen großen Einfluß auf die zirkulierende Blutmenge hat und enge Zusammen-

hänge mit dem Kollapsproblem bestehen. Beim Kaninchen läßt sich experimentell leicht ein orthostatischer Kollaps auslösen, der unmittelbar zum Tode führen kann (vgl. EPPINGER). Beim Menschen kommt es im Stehen zu einem Versacken des Blutes in den unteren Extremitäten mit einem Absinken des Plasmavolumens. Nach CAZAL sollen beim Erwachsenen etwa 300 cm^3 Plasma die Blutbahn verlassen. Bei unseren Versuchen bestimmten wir neben der jeweiligen Blutalkoholkonzentration in den Blutproben noch die Hämoglobin- und Hämatokritwerte. Dabei konnten wir feststellen, daß im Durchschnitt während der Stehperiode eine Eindickung des Blutes und anschließend eine Verdünnung

eintrat. Während der Anstieg der Hämoglobinwerte gering war, zeigten die Hämatokritwerte deutlichere Veränderungen. Der Abfall beider Werte (als Ausdruck einer Blutverdünnung) nach dem Stehversuch war eindeutig. Wir dürfen danach annehmen, daß auch bei unseren Versuchen die zirkulierende Blutmenge während des Stehversuchs verkleinert war bzw. ein Teil des Blutes weniger rasch als vorher zirkulierte. Bei gleichbleibender (*absoluter*) Alkoholumsetzung mußte es daher in dem verkleinerten Blutvolumen zu einem schnelleren *relativen* (d. h. promilligen) Abfall der Alkoholkonzentration kommen: Die Promillewerte sanken in der gleichen Zeit schneller ab als normalerweise [vgl. GRÜNER (4) (5)]. Mit der Normalisierung der Kreislaufverhältnisse nahm nicht nur das bis dahin „versackte Blut“ wieder an der Zirkulation teil, es kam offenbar auch noch zum Einströmen vorher (in der orthostatischen Periode) in das Gewebe abgeflossenen Plasmas. Dieses, wie auch das vorübergehend aus der allgemeinen Zirkulation ausgeschaltete Blut, hatte noch eine höhere Alkoholkonzentration als die zirkulierende Blutmenge: Es trat ein Anstieg der Blutalkoholwerte ein. Auffälligerweise war dieser Anstieg bei einer der Versuchspersonen am größten, die bei dem Stehversuch fast kollabiert wäre (siehe oben). Man darf wohl annehmen, daß hier eine recht erhebliche Verminderung der zirkulierenden Blutmenge und danach eine besonders starke Auffüllung des Kreislaufes eingetreten war. Wir gewannen überhaupt den Eindruck, daß die Abweichungen vom normalen Kurvenverlauf dort besonders ausgeprägt waren, wo der Stehversuch schlecht vertragen wurde. Bei einer 15jährigen kreislaufgesunden Versuchsperson war die Abweichung auffallend gering. Allerdings zeigte diese Versuchsperson insofern einen ungewöhnlichen Kurvenverlauf, als bei ihr von der ersten bis zur letzten Blutentnahme nur ein äußerst geringer Konzentrationsabfall eintrat. Es ist zu vermuten, daß es bei der alkoholungewöhnten Versuchsperson, die den Alkohol mit größtem Widerwillen trank, zu einer Resorptionsverzögerung gekommen war [GRÜNER (3)]. Man wird daher dieses Versuchsergebnis nur mit Vorbehalt verwerten dürfen. In weiteren Untersuchungen wollen wir zu klären versuchen, ob Rückschlüsse aus dem Verlauf der Blutalkoholkurve auf den Funktionszustand des peripheren Gefäßsystems und seiner nervösen Ansprechbarkeit — wie es nach den bisherigen Ergebnissen den Anschein hat — möglich sind. Dabei muß berücksichtigt werden, daß dem Blutkreislauf ein zweiter Kreislauf, der Kreislauf der Gewebsflüssigkeit [vgl. EPPINGER (1), (2), RUSZNYÁK, FÖLDI und SZABÓ], angegeschlossen ist, und daß wir die den Verlauf der Blutalkoholkurve beeinflussenden Geschehnisse des einen nicht ohne den anderen betrachten dürfen. Wir glauben, daß den Ergebnissen der beschriebenen Versuche deshalb besondere Bedeutung zukommt, da sie primär auf

verhältnismäßig gut überschaubare Veränderungen des Blutkreislaufes zurückzuführen sind, die ohne äußere Einwirkung von chemischen und physikalischen Ursachen, allein durch orthostatische Einflüsse, entstanden sind. Der „Steilabfall“ der Alkoholkurve mit nachfolgendem Wiederanstieg stellt ein Gegenstück zu dem Verlauf der Konzentrationskurve dar, wie wir ihn nach Adrenalingaben und auch gelegentlich bei Kollapszuständen (etwa vor Erbrechen) sahen. Man erkennt daraus erneut, daß deutliche Veränderungen des Konzentrationskurvenverlaufes allein durch Blut- und Wasserverschiebungen im Organismus möglich sind. Damit ist die Richtigkeit der Forderung ELBELS und SCHLEYERS bewiesen, bei Rückrechnungen in jedem Falle sehr vorsichtig zu sein. Wenngleich eine orthostatisch bedingte Verkleinerung der zirkulierenden Blut- und Wassermenge in der Praxis im allgemeinen keine erhebliche Rolle spielen dürfte, so ist doch daran zu denken, daß es bei Kollapszuständen zu vorübergehender Ausschaltung einer gewissen Blutmenge aus dem allgemeinen Kreislauf kommt, die zweifellos zu denselben Veränderungen im Verlauf der Blutalkoholkurve führen kann. Wegen der nach Unfällen bei Verkehrsteilnehmern öfters zu beobachtenden Kollapsneigung ist u. E. unter solchen Voraussetzungen an die Möglichkeit eines unregelmäßigen Konzentrationsabfalles bzw. sogar eines vorübergehenden Anstieges der Konzentrationskurve zu denken. Die sich hieraus für eine Rückrechnung ergebenden Konsequenzen liegen auf der Hand.

Zusammenfassung

I. Mit 14 Versuchspersonen unterschiedlichen Alters und Geschlechtes wurden Alkoholtrinkversuche angestellt, bei denen der Einfluß orthostatisch bedingter Blut- und Wasserverschiebungen auf den Verlauf der Blutalkoholkurve geprüft werden sollte.

II. Zu diesem Zwecke wurde der Konzentrationsunterschied der Blutalkoholwerte innerhalb von 15 min bei leichter Bewegung ($2\frac{1}{2}$ bis $2\frac{3}{4}$ Std nach Trinkbeginn), während eines sich anschließenden 15 min dauernden Stehversuchs (aufrechtes Stehen ohne Körperbewegung), sowie innerhalb weiterer 5, 10, 15 und 30 min bei zunächst stärkerer, anschließend leichterer Bewegung bestimmt.

III. 4 Versuchspersonen kollabierten beim Stehversuch und fielen aus. Von den übrigen 10 Versuchspersonen standen 2 kurz vor dem Kollaps. In allen Fällen war der Abfall der Blutalkoholkonzentration während des Stehversuchs größer als vorher. In 9 Fällen stieg nach der Stehperiode die Blutalkoholkonzentration sofort — in einem Fall mit einer Verzögerung von 5 min — wieder an. Der maximale Abfall betrug $0,25\text{‰}$ (im Durchschnitt $0,09\text{‰}$) innerhalb von 15 min, der maximale Wiederanstieg innerhalb von 10 min $0,31\text{‰}$ (im Durchschnitt $0,08\text{‰}$).

IV. Die Abweichungen vom normalen Verlauf der Konzentrationskurve werden als Folgen orthostatisch bedingter Blut- (und Wasser)-Verschiebungen — Verkleinerung der zirkulierenden Blut- und Wassermenge mit anschließendem Einströmen höher konzentrierten Blutes und Gewebswasser — angesehen. Da ähnliche Verhältnisse auch bei Kollapszuständen gegeben sein können (Versacken einer gewissen Blut- bzw. Plasmamenge mit Verkleinerung der zirkulierenden Blutmenge und bei Erholung Wiederauffüllung des Kreislaufes) erscheint es erforderlich, auch in solchen Fällen (Kollapszustände nach Verkehrsunfällen usw.) Unregelmäßigkeiten des Alkoholkurvenverlaufes in Betracht zu ziehen.

Literatur

CAZAL, E.: La masse sanguine et sa pathologie. Paris: Masson & Cie. 1955. — ELBEL, H., u. F. SCHLEYER: Blutalkohol. Stuttgart: Georg Thieme 1956. — EPPINGER, H.: (1) Die Bedeutung der Blutdepots für die Pathologie. Klin. Wschr. 1933, 5. — (2) Die seröse Entzündung. Wien: Springer 1935. — EPPINGER, H., u. A. SCHÜRMEYER: Über den Kollaps und analoge Zustände. Klin. Wschr. 1928, 777. — GRÜNER, O.: (1) Ein photometrisches Verfahren zur Blutalkoholbestimmung. Arch. Toxikol. 14, 362 (1953). — (2) Ein Beitrag zur photometrischen Blutalkoholbestimmung. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 44, 771 (1956). — (3) Untersuchung über die Beeinflussbarkeit der Alkoholresorption durch psychische Faktoren. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 45, 401 (1956). — (4) Körperwasser und Blutalkohol. Habil.-Schr. Frankfurt a. M. 1956. — (5) Der Einfluß von Körperwasser- und Blutverschiebungen auf den Verlauf der Blutalkoholkurve. Dtsch. Z. gerichtl. Med. 46, 744 (1958). — RUSZNYÁK, J., M. FÖLDI u. G. SZABÓ: Physiologie und Pathologie des Lymphkreislaufes. Jena: Gustav Fischer 1957. — SJØSTRAND, T.: Blutvolumen und Kreislaufregulation. Anaesthesist 4, 202 (1955). — STEINMANN, B.: Zur Frage der Blutspeicher. Klin. Wschr. 1938, 1642. — WIDMARK, E. M. P.: Die theoretischen Grundlagen und die praktische Verwendbarkeit der gerichtlich-medizinischen Alkoholbestimmung. Berlin u. Wien: 1932. — WOLLHEIM, E.: Kompensation und Dekompensation des Kreislaufes. Klin. Wschr. 1928, 1261.

Priv.-Doz. Dr. O. GRÜNER,

Institut für gerichtliche Medizin der Universität, Frankfurt a. M.