

Aus dem Institut für gerichtliche und soziale Medizin  
der Universität Kiel (Direktor: Prof. Dr. W. HALLERMANN)

## Die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen Alkohol- konzentration, Zeit und klinisch feststellbarer Trunkenheit

Von

J. GERCHOW und V. SACHS

Mit 3 Textabbildungen

(Eingegangen am 24. Oktober 1960)

Die insbesondere von BSCHOR, GRÜNER und RAUSCHKE an kleinen, begrenzten Reihen durchgeführten Untersuchungen, aber auch die Tierversuche unter anderem von HARGER, HAGGARD, GREENBERG und LOLLI sowie EGGLETON ließen vermuten, daß die mit klinischen Mitteln feststellbare Trunkenheit nicht nur von der Konzentration, also der aktuell wirksamen Alkoholmenge, sondern auch von der Zeit nach Trink-Ende abhängt.

An Hinweisen auf eine solche Beziehung fehlt es auch in der älteren Literatur (s. z. B. BERGGREN und GOLDBERG, MELLANBY, TUOVINEN u. a.) nicht; allerdings ist, soweit wir dies überblicken können, ein gesetzmäßig faßbarer Zusammenhang dabei nie ernsthaft diskutiert oder näher zu untersuchen angeregt worden.

Davor, den Grad der alkoholbedingten Leistungsschädigung allein aus der Konzentration ohne Berücksichtigung der Phase des Alkoholgeschehens zu bestimmen, ist in zusammenfassenden Übersichten (BORGMANN, GRUHLE, HALLERMANN, JUNGMICHEL, KÜRZINGER, MUELLER, MÜLLER-HESS und HALLERMANN, SCHLEYER, SEIFERT, WEINIG und SCHWERD u. a.) und in jenen Mitteilungen, die sich mit der Feststellung der alkoholbedingten Leistungsminderung durch andere Erkenntnis-mittel als der Blutalkoholkonzentration befassen (BOHNÉ, LUFF und TRAUTMANN, CASPERS and ABELE, FORSTER und STARCK, GERCHOW und WITTLICH, LOMMER, RAUSCHKE, SCHMIDT, SCHWEITZER, STARCK, TASCHEN u. a.), stets gewarnt worden.

An der Realität einer solchen engen Beziehung zwischen Zeit und Trunkenheitsgrad konnte nach den statistischen Erhebungen ALHAS an 2664 Fällen kein Zweifel mehr sein. In einer sehr eindrucksvollen Tabelle hat ALHA für jeden Blutalkoholspiegel von weniger als  $0,6\text{‰}$  bis mehr als  $3,01\text{‰}$  im Abstand von  $0,2\text{‰}$  den prozentualen Anteil der äußerlich trunken Wirkenden an der Gesamtzahl der unter Alkoholeinfluß Stehenden in drei abgegrenzten Zeiträumen nach Trink-Ende (2 Std, 2—5 Std und mehr als 5 Std) angegeben. Während der Anteil der „klinisch Trunkenen“ mit steigender Alkoholkonzentration zunahm, fiel er mit zunehmender Zeit nach Trink-Ende innerhalb jedes Konzentrationsbereiches ab.

Da indes durch die Einteilung des nicht gerade sehr umfangreichen Untersuchungsgutes von 2664 Fällen in 39 Klassen die einzelnen Klassen in den sehr niedrigen und sehr hohen Konzentrationen, aber auch 5 Std nach Trink-Ende nicht sehr stark besetzt sein konnten, wodurch möglicherweise Verzerrungen in das Endergebnis gelangt sind, schien es geraten, diese Beobachtungen an einem großen, sicher repräsentativen Material nochmals zu reproduzieren.

Im Rahmen einer Dissertation kam HEMPEL bei Gruppierung von 10076 Fällen des eigenen Institutes aus dem forensischen Eingang der Jahre 1950—1956 nach den gleichen Gesichtspunkten zu fast völlig übereinstimmenden Ergebnissen. Allerdings mußte durch den allein dafür erforderlichen Arbeits- und Zeitaufwand diese Untersuchung auf eine Sichtung und Ordnung und auf eine einen ersten groben Überblick vermittelnde Darstellung beschränkt bleiben.

Auf die Notwendigkeit, diese Zahlen einer exakten statistischen Bearbeitung zu unterziehen, haben GERCHOW und WITTLICH erst kürzlich eindringlich hingewiesen. Sie haben darüber hinaus durch Erfassung der Leistungsschwankungen alkoholierter Versuchspersonen mit Hilfe graphologischer Methoden erneut und eindeutig zeigen können, daß der alkoholbedingte Leistungsabfall bei denselben Probanden zu verschiedenen Zeitpunkten nach Trink-Ende, aber bei gleichen Blutalkoholspiegeln, durchaus nicht gleich groß ist, wodurch die eingangs erwähnten experimentellen Untersuchungen und auch die statistischen Darstellungen eine weitere gewichtige Bestätigung gefunden haben.

Zum besseren Verständnis der hier vorgelegten Untersuchungen sei vorausgeschickt, daß sich bekanntlich nur aus solchen Stichproben zuverlässige und allgemein gültige Gesetzmäßigkeiten ableiten lassen, die für die Gesamtheit aller, unter bestimmten Gesichtspunkten möglichen Fälle, repräsentativ sind. In der Regel ist eine Stichprobe dann repräsentativ, wenn sie „zufällig“ gewonnen wurde, also die einzelnen Fälle unausgewählt so verwendet werden, wie sie einem der Zufall in die Hand spielt und wenn ihr Umfang groß genug ist. Der Umfang des Hempelschen Untersuchungsgutes ist sicher groß genug. Es wurde jedoch nicht zufällig gewonnen, sondern stellt eine Auswahl aus 15376 Fällen dar.

Will man zu einer biasfreien Schätzung unbekannter Parameter (z. B. Durchschnitte, Wahrscheinlichkeiten, Abhängigkeiten usw.) gelangen, für welche theoretische oder wenigstens empirische Vergleichswerte nicht vorliegen, so kann man sich bei Zweifel an der Zufälligkeit der Stichprobe immer dadurch helfen, daß man zunächst prüft, ob die betrachteten Merkmalshäufigkeiten normal verteilt sind.

In der folgenden Betrachtung werden wir zuerst untersuchen, ob die von HEMPEL zusammengestellte empirische Verteilung durch eine Normalverteilung angenähert werden darf. Ist das der Fall, so werden wir prüfen, ob sich gesetzmäßige Beziehungen zwischen den beobachteten Merkmalen „Zeit nach Trink-Ende“, „Alkoholkonzentration“ und „erkennbarer Grad der Alkoholbeeinflussung“ ableiten lassen.

Unser nach dem Merkmal „Zeit nach Trink-Ende“ geordnetes und in Anlehnung an ALHA eingeteiltes Untersuchungsgut (s. Tabelle 1) läßt bei orientierender Betrachtung eine Schiefe erkennen, die von vornherein die Vermutung nahelegt, daß nicht die Häufigkeiten der Zeiten selbst, sondern deren Logarithmen normal verteilt sind.

Da weder die Zeitabstände noch deren Logarithmen in gleichem Abstand gewählt worden waren, haben wir uns zur Prüfung auf Normalität für die mathematisch recht gründlich ausgebaute Probitmethode

entschieden, obschon man mit anderen Verfahren zweifellos zu gleichen Ergebnissen gelangen würde. (Eine parallel durchgeführte Logitanalyse zeitigte in der Tat das gleiche Ergebnis.)

Bei der Probitmethode geht man so vor, daß die prozentualen Summenhäufigkeiten (bezogen auf den Logarithmus der Klassenmitte des beobachteten Zeitabstandes) nach dem Gaußschen Integral in Probits transformiert werden. (Bei einer Normalverteilung wird durch diese Operation die Sigmoidkurve in eine Gerade geglättet.)

Tabelle 1. *Zeiten nach Trink-Ende, deren Logarithmen, Summenhäufigkeiten und Probits von 10076 Blutentnahmen*

Klassen (Zeitraum nach Trink-Ende) min	Klassen- mitten min	Loga- rithmen der Klassen- mitten ( $x$ )	Häufigkeiten		Summen- häufigkeiten %	Empirische Probits ( $y$ )
			absolut	%		
15— 30	22,5	1,35	244	2,5	2,4	3,02
31— 45	37,5	1,57	501	5,0	7,4	3,55
46— 60	52,5	1,72	697	6,9	14,3	3,93
61— 90	75,0	1,87	1645	16,3	30,6	4,49
91—120	105,0	2,02	1615	16,0	46,6	4,91
121—180	150,0	2,17	2232	22,2	68,8	5,49
181—300	240,0	2,38	1980	19,6	88,4	6,19
301—480	390,0	2,59	812	8,1	96,5	6,81
> 481	590,0 <sup>1</sup>	2,77 <sup>1</sup>	350	3,5	100,0	8,09 <sup>1</sup>
Summe			10076	100,0		

Gleichung der durch Regression ( $y$  auf  $x$ ) gewonnenen Ausgleichsgeraden:  
 $Y = -1,36 + 3,14 x$ .

$$\text{Linearitätsprüfung: } \chi^2 = \Sigma(y - \bar{y})^2 - \frac{[\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})]^2}{\Sigma(x - \bar{x})^2} = 0,0455.$$

$$\chi_{\beta}^2{}_{0,05}(f=6) = 12,592; \quad \chi^2 < \chi_{\beta}^2{}_{0,05}.$$

Nach Einführung neuer Koordinaten (Ordinate im Probitmaßstab) wird nach  $\chi^2$  auf Linearität geprüft, in dem Sinne, daß alle empirischen Probits durch eine Gerade genähert werden dürfen. Ist das unter Berücksichtigung der Freiheitsgrade ermittelte  $\chi^2$  kleiner als die schwächste Schranke  $\chi_{\beta}^2$  mit  $\beta = 5\%$  (Irrtumswahrscheinlichkeit), so zeugt das zumindest in der Umgebung des Mittelwertes für eine Normalverteilung.

Das Ergebnis der Linearitätsprüfung und die Gleichung der Näherungsgeraden sind am Schluß der Tabelle 1 angegeben. Sie enthält auch die für die Probitanalyse verwendeten Zahlen. Es zeigt sich, daß das ermittelte  $\chi^2$  weit unter der Schranke bleibt. Wir dürfen also davon

<sup>1</sup> Da die letzte Klasse, der Zeitraum „mehr als 481 min nach Trink-Ende“ keine Klassenbreite besitzt, wurde dieser Wert für die Prüfung auf Normalität nicht verwendet. Die in den Spalten 2, 3 und 7 der Tabelle angegebenen Zahlen wurden nach der Berechnung geschätzt.

ausgehen, daß die Stichprobe trotz der unvermeidlichen Auswahl normalverteilt und damit repräsentativ ist.

Aus der Kenntnis des Verteilungsgesetzes unserer Stichprobe lassen sich jedoch noch weitere Schlüsse ableiten. So können wir z. B. an Hand des Mittelwertes unserer Verteilung feststellen, daß im allgemeinen recht viel Zeit vergeht, ehe die Probanden der Blutentnahme zugeführt werden. Nach 105 min (Zeitraum 91—120 min) sind erst 50% erfaßt. Die Merkmalsgrenzwerte liegen, wenn man eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% zulassen will, zwischen  $1\frac{1}{2}$  und 6 Std und bei  $2\beta = 1\%$  sogar zwischen  $\frac{1}{4}$  und  $11\frac{1}{2}$  Std. Die Entnahmen zur Blutalkoholbestimmung dehnen sich also über einen ganz erheblichen Zeitraum nach Trink-Ende aus. Das mag unter anderem seinen Grund in der ländlichen Struktur Schleswig-Holsteins haben, die es mit sich bringt, daß immer geraume Zeit verstreicht, ehe die Ermittlungs- und Aufsichtsorgane eingreifen können.

Wir möchten schon hier darauf hinweisen, daß Stichproben aus anders strukturierten Gebieten zwar auch normal verteilt sein dürften, daß aber ihre Verteilungsfunktion durchaus nicht die gleiche Form zu haben braucht. In Gebieten, in welchen die Ermittlungsorgane schneller handeln können, wird sich der Mittelwert vermutlich nach links verschieben, und auch die Merkmalsgrenzen werden enger beieinanderliegen.

Man wird unter Umständen gegen dieses Ergebnis einwenden, daß es sich ja auf völlig unkontrollierbare, subjektive und möglicherweise falsche Angaben über das Trink-Ende stützt. Obwohl wir Nachprüfungen und Korrekturen vorgenommen haben, ist das zweifellos richtig. Wir sind selbst davon überzeugt, daß wir eine Reihe aus Zweckmäßigkeit bewußt falsch gemachter Angaben mitverwendet haben. Wenn dadurch auch einzelne Fälle falsch eingeordnet sind, so beweist jedoch gerade die Normalverteilung, daß wir im Durchschnitt zu richtigen Zahlen und Schlüssen gelangt sind. Das kann auch nicht anders sein, denn, macht man nach den Regeln der Kollektivmaßlehre den Umfang einer Stichprobe groß genug, so heben sich die Fehler, die durch Täuschung oder Irrtum im Einzelfall entstehen, nach Wahrscheinlichkeit in etwa gegenseitig auf. Das würde nur dann nicht zutreffen, wenn sich z. B. für unsere Untersuchung eine ganze Population verabredet hätte, nur in einer Richtung falsche Angaben zu machen. Das wird man ernsthaft nicht in Betracht zu ziehen brauchen.

Um das möglicherweise unübersichtliche zahlenmäßige Ergebnis etwas anschaulicher zu machen, haben wir das Resultat in Abb. 1 nochmals graphisch dargestellt. Den Logarithmen der Klassenmitten auf der Abszisse sind die Probits auf der Ordinate zugeordnet. Zur besseren Orientierung wurden unter der Abszisse die den verwendeten Logarithmen zugehörigen Numeri (also die tatsächlichen Zeiten) mitangegeben.

Man erkennt unschwer, daß die durch Punkte dargestellten empirischen Probits durch die Ausgleichsgerade nahezu ideal genähert werden.

Da wir nunmehr nicht zu befürchten brauchen, durch das Merkmal „Zeit nach Trink-Ende“ einen systematischen Fehler in die Untersuchung zu tragen, können wir jetzt, unter Berücksichtigung der Konzentration, die Beziehung dieses Merkmals zum Trunkenheitsgrad zu erfassen versuchen.

Um dieser Frage näherzukommen, hat bereits HEMPEL des Untersuchungsgut in Intervalle nach Trink-Ende (15—60; 61—90; 91—120; 121—180; 181—300 und mehr als 301 min) sowie Alkoholkonzentrations-

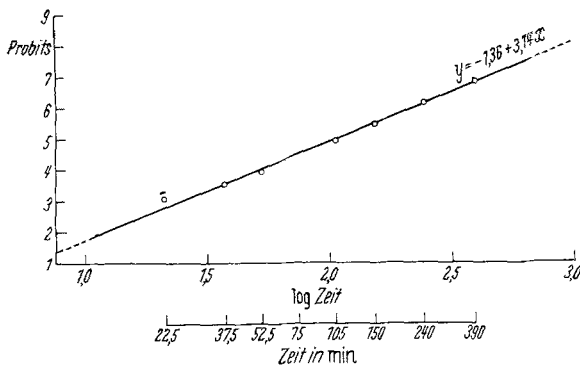


Abb. 1. Graphische Darstellung der Probitanalyse von 10076 Blutentnahmen, geordnet in Zeitintervalle nach Trink-Ende

bereiche (0,4—1,0; 1,01—1,5; 1,51—2,0; 2,01—2,5 und mehr als 2,51<sup>0</sup>/<sub>00</sub>) eingeteilt und in jeder durch Zeit und Konzentration markierten Klasse die Anzahl der klinisch eindeutig Trunkenen der Anzahl derjenigen gegenübergestellt, die klinisch keine eindeutig erkennbaren Trunkenheitszeichen aufwiesen. Als „klinisch trunken“ wurden nur diejenigen Fälle bewertet, bei denen neben anderem vor allem Gang- und Sprachstörungen beobachtet und die Diagnose „deutlich angetrunken“ gestellt worden war. Die Zeit- und Konzentrationsbereiche wurden so breit gemacht, daß eine ausreichende Häufigkeitsbesetzung in jeder Klasse resultierte. Für unsere Untersuchung spielt eigentlich nur die Anzahl der „äußerlich Trunkenen“ eine Rolle, so daß wir diese Zahlen in der Tabelle 2 in der angegebenen Einteilung unter dem Symbol (x) zusammengefaßt haben. In der Tat ist diese Aufstellung sehr interessant. Ganz abgesehen davon, daß bei unseren 10076 Fällen nur 2815mal (rund 28 %) zuverlässig eine äußerlich erkennbare Trunkenheit diagnostiziert wurde, erkennt man recht gut, daß in jeder durch den Konzentrationsbereich gegebenen Reihe (Zeile) die Anzahl der klinisch Trunkenen mit zunehmender Zeit nach Trink-Ende weniger wird.

Tabelle 2. Absolute Zahlen und Erwartungswerte der „Istnisch Trunkenen“, eingeteilt in Konzentrationsbereiche und Intervalle nach Trink-Grade

% <sub>00</sub>	x	min							Summen	
		15—60	61—90	91—120	121—180	181—300	> 301	N <sub>i</sub>		
	n · p <sub>ij</sub>	x	n · p <sub>ij</sub>	x	n · p <sub>ij</sub>	x	n · p <sub>ij</sub>	x	n · p <sub>ij</sub>	N <sub>i</sub>
0,40—1,00	x	33	36	13	18	10	8	118	118,0	118
	n · p <sub>ij</sub>	35,9	30,5	17,8	16,7	11,9	5,2	118,0	118,0	118
1,01—1,50	x	134	110	65	70	51	29	459	459,0	459
	n · p <sub>ij</sub>	139,5	118,6	69,3	64,9	46,3	20,4	459,0	459,0	459
1,51—2,00	x	378	323	190	185	104	49	1229	1229,0	1229
	n · p <sub>ij</sub>	373,7	317,4	185,5	173,8	124,0	54,6	1229,0	1229,0	1229
2,01—2,50	x	248	222	122	101	94	30	817	817,0	817
	n · p <sub>ij</sub>	248,4	210,9	123,4	115,5	82,4	36,3	817,0	817,0	817
2,51—3,01	x	63	36	35	24	25	9	192	192,0	192
	n · p <sub>ij</sub>	58,4	49,6	29,0	27,1	19,4	8,5	192,0	192,0	192
Summen	M <sub>j</sub>	856	727	425	398	284	125	2815	2815,0	2815
	n · p <sub>ij</sub>	856,0	727,0	425,0	398,0	284,0	125,0	2815,0	2815,0	N

Erwartungswerte:  $n \cdot p_{11} = \frac{N_1 \cdot M_1}{N}$ ;  $n \cdot p_{12} = \frac{N_1 \cdot M_2}{N}$ ;  $\dots$ ;  $n \cdot p_{58} = \frac{N_5 \cdot M_5}{N}$ ;  $\chi^2 = \sum \frac{(x - n \cdot p_{ij})^2}{n \cdot p_{ij}} = 27,291$ ;

$\chi^2_{0,05} (f=20) = 31,41$ ;  $\chi^2 < \chi^2_{0,05}$ .

Das sehr ähnliche Verhalten der Abnahme mit steigender Zeit nach Trink-Ende legt die Vermutung nahe, daß dies in jedem Konzentrationsbereich (Zeile) in gleicher Weise vor sich geht, kurz, daß die Höhe der Alkoholkonzentration keinen Einfluß auf die *Verteilung* der klinisch Trunkenen auf Zeitintervalle nach dem Trink-Ende hat.

Um das zu prüfen, haben wir aus Gesamtumfang, Zeilen- und Spaltensummen die Erwartungswerte für jede Klasse geschätzt und unter dem Symbol  $n \cdot p_{ij}$  in der Tabelle 2 mitangegeben.

Das am Schluß der Tabelle 2 notierte Ergebnis zeigt, daß unsere Vermutung zutrifft. Das aus dem Vergleich der empirischen Zahlen mit den Erwartungswerten ermittelte  $\chi^2$  bleibt unter der schwächsten Schranke. Das heißt, daß sich die Anzahl „klinisch Trunkener“ stets gleich auf die Intervalle nach Trink-Ende verteilt. Die Blutalkoholkonzentration hat darauf sicher keinen Einfluß.

Diese Aussage bezieht sich selbstverständlich nur auf die *Verteilung*, die Anzahl selbst hängt natürlich von der Konzentration ab. An den absoluten Zahlen kann das nicht ohne weiteres erkannt werden, denn sie spiegeln die Häufigkeitsverteilung der Konzentrationen wider. Um diese Beziehung deutlich zu machen, wollen wir (Tabelle 3) den prozentualen Anteil der „klinisch Trunkenen“ an der Gesamtzahl der Blutentnahmen, mit der jede Klasse besetzt ist, betrachten.

Jetzt läßt sich der gleichzeitige Einfluß der Konzentration unschwer erkennen. Während die Anteile mit steigenden Alkoholspiegeln in jedem Zeitbereich zunehmen, fallen sie in jedem Konzentrationsbereich mit zunehmendem Abstand vom Trink-Ende ab, und es drängt sich einem geradezu auf, hier zu prüfen, ob ein gesetzmäßiger Zusammenhang besteht<sup>1</sup>.

Wenn wie hier eine Größe, der Anteil der „klinisch Trunkenen“ an den Gesamtentnahmen (jeder Klasse) nicht nur von einer, sondern von zwei definierten Größen (der Zeit nach Trink-Ende und der Alkoholkonzentration) abzuhängen scheint, so lassen sich die bestimmenden Parameter am besten durch eine Mehrfachregression schätzen, wobei allerdings vorher geklärt werden muß, welcher Art (linear, quadratisch, kubisch, exponentiell usw.) die Abhängigkeiten von den einzelnen Einflüssen sind.

<sup>1</sup> Einen derartigen Versuch hat schon HEMPEL unternommen. Er hat in zwei getrennten Diagrammen einmal die Werte der Zeilen zu den Zeitbereichen, zum anderen die Werte der Spalten der Tabelle 3 zu den Konzentrationen in Beziehung gesetzt. Das dadurch entstehende Bild entspricht sicher nicht den tatsächlichen Verhältnissen, denn beide Einflüsse, Zeit und Konzentration, wirken ja gleichzeitig, ohne sich jedoch, wie die vorige Betrachtung zeigt, gegenseitig zu beeinflussen. Diese Unabhängigkeit aber kommt in dieser Darstellung nicht zum Ausdruck. Im Gegenteil, es wird vielmehr eine Abhängigkeit vorgetäuscht.

Tabelle 3. *Prozentualer Anteil der „klinisch Trunkenen“ an der Gesamtzahl unter Alkoholeinfluß Stehender in jeder Klasse*

	Zeit nach Trink-Ende in min					
	15—60	61—90	91—120	121—180	181—300	> 300
0,4 —1,0 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	19,8	14,7	5,2	4,6	2,2	2,0
1,01—1,5 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	40,6	27,1	14,2	11,2	9,3	9,5
1,51—2,0 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	65,3	51,8	29,8	22,1	16,5	17,2
2,01—2,5 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>	81,6	67,0	56,7	30,7	30,6	22,1
2,51—3,0 <sup>0</sup> / <sub>100</sub> und mehr	100,0	69,3	66,0	45,3	50,0	20,9

Zwischen den Konzentrationen und den prozentualen Anteilen der Trunkenen besteht zweifellos lineare Korrelation, während ihr Abfall mit zunehmender Zeit nach Trink-Ende sicher nicht linear ist. Es liegt nahe, diese Abhängigkeit als exponentiell zu vermuten, denn erstens sind, wie weiter vorn gezeigt wurde, die Intervalle nach Trink-Ende logarithmisch normal verteilt, und zweitens entspricht der in allen Zeilen zu beobachtende anfänglich stärkere und später geringe Abfall für eine exponentielle Beziehung. Um für die Rechenoperationen einfache Verhältnisse zu schaffen, werden wir also nicht die Zeiten selbst, sondern deren Logarithmen für die Regression verwenden.

Durch Streuungszzerlegung<sup>1</sup> läßt sich einwandfrei darlegen, daß die Anteile der Trunkenen sowohl von den Konzentrationen als auch von den Logarithmen der Zeiten linear abhängen. Die Zeit- und Konzentrationsbereiche wurden durch ihre Mittelwerte vertreten.

Wir können die Größen also unbedenklich durch einen Ausdruck von der Form

$$Y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2$$

<sup>1</sup> Die Ergebnisse der Varianzanalysen ergeben folgende Bilder:

a) Streuungszzerlegung der Anteile Trunkener in Abhängigkeit von der Zeit nach Trink-Ende.

Art der Streuung	Summe der Abweichungsquadrate	Freiheitsgrade	Durchschnittsquadrate DQ
Regressionslinie . . . . .	7420,2805	1	—
Um Regressionslinie . . . . .	445,0092	4	111,2523
Zwischen den Logarithmen der Zeiten .	7865,2897	5	—
Innerhalb der Logarithmen der Zeiten .	12055,6400	24	502,3183
Gesamt	19920,9297	29	—

$$F = \frac{DQ \text{ um Reg. L.}}{DQ \text{ inn. Log. Zeit}} = \frac{1112523}{5023183} = 0,222;$$

$$F_{\beta \ 0,05} (f_1 = 4; f_2 = 24) = 2,78; F < F_{\beta \ 0,05}.$$



nähern, worin  $Y$  die Regressionswerte der Anteile Trunkener,  $x_1$  die Logarithmen der Zeit nach Trink-Ende,  $x_2$  die Konzentrationen,  $b_1$  und  $b_2$  die Steigungsmaße und  $a$  die Konstante bedeuten.

Indem wir den Ausdruck

$$\Sigma(y - Y)^2,$$

in welchem  $y$  die tatsächlich gefundenen Anteile der Trunkenen repräsentieren, durch partielle Differentiation nach  $a$ ,  $b_1$  und  $b_2$  sowie Nullsetzen zum Minimum machen, lassen sich die Größen  $a$ ,  $b_1$  und  $b_2$  nach Einsetzen der Quadrat- und Produktensummen direkt auflösen.

Man erhält die Gleichung

$$Y_{(x_1, x_2/y)} = 88,21 - 47,24 x_1 + 25,62 x_2,$$

welche geometrisch eine zwischen drei rechtwinklig aufeinanderstehenden Koordinaten ausgespannte ebene Fläche darstellt. Die Bestimmtheit dieser Gleichung ist mit  $B = 0,9035$  sehr groß und überschreitet die schwache Schranke  $B_{\beta 0,05} (f_1 = 2, f_2 = 27) = 0,199$  erheblich. Die Abhängigkeiten sind demzufolge stark gesichert. Weiterhin können wir feststellen, daß sich die Streuungen der Anteile Trunkener durch lineare Mehrfachregression zu rund 90% auf Unterschiede der Logarithmen der Zeit nach Trink-Ende und der Konzentrationen erklären lassen.

Die Gleichung selbst ermöglicht uns, die gesuchte Gesetzmäßigkeit zu formulieren. Sie lautet: Unter allen Alkoholisierten mit gleichem Blutalkoholgehalt nimmt der Anteil der klinisch Trunkenen um rund 47% ab, wenn der Logarithmus der Zeit nach Trink-Ende um 1 größer wird, und unter allen zur gleichen Zeit nach Trink-Ende Untersuchten nimmt der Anteil der klinisch Trunkenen um rund 25% zu, wenn die Konzentration um 1 größer wird.

b) Streuungszерlegung der Anteile Trunkener in Abhängigkeit von der Alkoholkonzentration.

Art der Streuung	Summe der Abweichungsquadrate	Freiheitsgrade	Durchschnittsquadrate $DQ$
Regressionslinie . . . . .	10244,7352	1	—
Um Regressionslinie . . . . .	65,9095	3	21,9698
Zwischen den Konzentrationen . . . . .	10310,6447	4	—
Innerhalb der Konzentrationen . . . . .	9610,2850	25	384,4114
Gesamt	19920,9297	29	—

$$F = \frac{DQ \text{ um Reg. L.}}{DQ \text{ inn. Konz.}} = \frac{219698}{3844114} = 0,0572;$$

$$F_{\beta 0,05} (f_1 = 3; f_2 = 25) = 2,99; F < F_{\beta 0,05}.$$

Innerhalb der von uns geprüften Grenzen sind wir weiterhin in der Lage, für jede beliebige Zeit nach Trink-Ende und für jede beliebige Alkoholkonzentration den durchschnittlichen Anteil klinisch Trunkener an der Gesamtzahl zu ermitteln.

Da die in Zahlen ausgedrückten Beziehungen vielleicht etwas unübersichtlich erscheinen, haben wir, um ein anschauliches Bild zu geben, die Gleichung der Mehrfachregression in Abb. 2 noch einmal graphisch dargestellt.

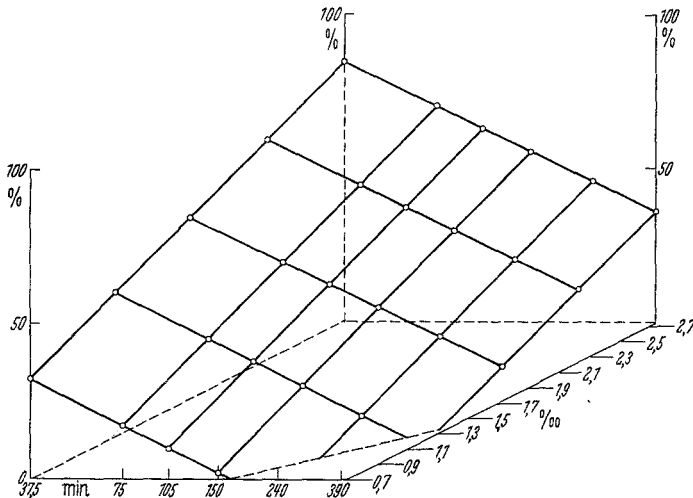


Abb. 2. Graphische Darstellung der linearen Mehrfachregression der Anteile klinisch Trunkener auf die Logarithmen der Zeit nach Trink-Ende und die Alkoholkonzentrationen

Die Koordinaten der Zeit ( $x_1$ ) und der Konzentration ( $x_2$ ) liegen in einer Ebene und stehen senkrecht aufeinander (in der Projektion schiefwinklig). Aus dieser Ebene ragt senkrecht die Achse der veränderlichen Variablen ( $Y, y$ ) heraus. Um die beobachteten Zeiten selbst angeben zu können, wurde die  $x_1$ -Achse logarithmisch eingeteilt. Die durch die Gleichung bestimmte Ebene ist zur  $x$ -Koordinatenebene hingeneigt. Sie fällt in Richtung der zunehmenden Zeit in einem dem Steigungsmaß  $b_1$  entsprechenden Winkel ab und steigt in Richtung der größer werdenden Konzentration in dem durch  $b_2$  gegebenen Winkel an. Die Punkte, die nur zur deutlicheren Darstellung der Fläche miteinander verbunden wurden, sind die Regressionswerte ( $Y$ ) der empirischen Anteile Trunkener ( $y$ ) aus der Tabelle 3.

Das Ergebnis dieser Untersuchung scheint uns bemerkenswert und auch für die Praxis nicht ohne Bedeutung zu sein. Betrachten wir z.B. die forensisch häufig feststellbare Alkoholkonzentration von  $1,8\text{‰}$ , so ist 1 Std nach Trink-Ende durchschnittlich nur noch in rund 50% der Fälle eine äußerlich wahrnehmbare Trunkenheit zu erwarten. In einer weiteren Stunde sinkt der Anteil auf rund 36% ab, um sich 3 Std nach Trink-Ende auf nur noch etwa 25% zu belaufen.

Halten wir uns vor Augen, daß in dem vorwiegend ländlich strukturierten Schleswig-Holstein meist längere Zeit vergeht, bis die Ermittlungen einsetzen, so daß ein Eingreifen 3 Std nach Trink-Ende durchaus nicht zu den Seltenheiten gehört, dann ist es nicht mehr verwunderlich, daß selbst bei Alkoholkonzentrationen, bei denen man im allgemeinen mit äußeren Zeichen der Trunkenheit rechnen kann, solche Zeichen häufig nicht festgestellt werden. In unserem Beispiel ( $1,8\text{‰}$  und 3 Std nach Trink-Ende) wäre nur jeder Vierte äußerlich als trunken erkennbar.

Das wirft ein ganz neues Licht auf das von Zeit zu Zeit immer einmal wieder diskutierte Problem der sog. „falschen Trunkenheitsdiagnosen“. Sicher sind Maßstäbe, die von verschiedenen Untersuchern angelegt werden, nicht einheitlich; sicher mag der einzelne Arzt gelegentlich „sehr streng“ oder sehr „wohlwollend“ urteilen. In einem so großen Untersuchungsgut wie dem unseren heben sich jedoch diese bewußten Fehler nach Wahrscheinlichkeit wieder auf, so daß im Mittel richtige Erkenntnisse gewonnen werden. Ebensowenig wird man den unübersehbaren Einfluß der Zeit auf die Erkennbarkeit der Alkoholwirkung durch „Ernüchterungsschock“ oder „temporäres Zusammennehmen“ allein erklären können, denn solche Faktoren müßten ja in allen Zeitbereichen gleich wirksam sein und könnten keine Abhängigkeit hervorrufen.

Daß es sich tatsächlich nicht um scheinbare Ernüchterungen, mangelhafte Beobachtung usw., sondern um eine reelle Verbesserung der Leistungsminderung mit zunehmendem Abstand vom Trink-Ende bei aktuell gleich großer Alkoholmenge handelt, haben die eingangs genannten Autoren, besonders aber GERCHOW und WITTLICH für ganz komplexe Leistungen bewiesen.

An der konventionellen Vereinbarung, bestimmten Blutalkoholspiegeln bestimmte Trunkenheitsgrade zuzuordnen, wird man eigentlich nur noch dann festhalten dürfen, wenn der Einfluß der Zeit Berücksichtigung findet.

Die Übereinstimmung des Einflusses der Zeit auf die schädigende Wirkung des Alkohols mit dem in resorptive und postresorptive Phase gegliederten Alkoholgeschehen legt es nahe, in dem unterschiedlichen Verhalten während der einzelnen Phasen die Ursache für die Zeitabhängigkeit zu erblicken. Es spricht alles dafür, daß eine ausschließliche Konzentrationsabhängigkeit des Trunkenheitsgrades nur während der Resorption vorliegt.

Auf diese natürliche Gliederung des Alkoholgeschehens und auf die einleuchtende Annahme gestützt, daß in der Resorption andere Bedingungen herrschen als in der postresorptiven Phase, hat BSCHOR an Hand seiner Beobachtungen eine Erklärung für dieses Phänomen zu geben versucht. Unter Verwendung des aus der Biochemie bekannten Begriffes der Umstellungsgeschwindigkeit bei Konzentrationsausgleichen vermutete er während der Resorption eine „akute alkoholische Anflutung

des Gehirns“, die die Abwehrmechanismen schädigt oder lähmt, so daß erst nach dem Diffusionsausgleich eine Erholung einsetzt, wodurch schließlich die Leistungskurve der Blutalkoholkurve vorseilen muß.

Ob diese Erklärung zutrifft oder nicht, soll und kann hier nicht entschieden werden. Dazu ist unsere Untersuchung nicht geeignet. Sie wurde auch nicht mit diesem Ziel durchgeführt. Uns lag nur daran zu zeigen, daß das Phänomen kein auf Ausnahmefälle beschränkter Zufallsbefund, sondern gesetzmäßig faßbar und nachweisbar ist.

Wie bedeutend der Einfluß der Zeit tatsächlich ist, soll abschließend noch an einem besonders eindrucksvollen Beispiel gezeigt werden.

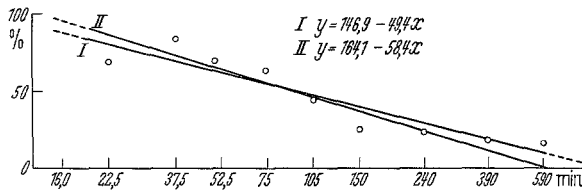


Abb. 3. Graphische Darstellung der einfachen (I) und gewogenen (II) Regression der prozentualen Anteile mit Gang- und Sprachstörungen an der Gesamtzahl aller mit 2,0‰ Blutalkoholgehalt und mehr auf die Zeit nach Trink-Ende

HEMPER hat von den Fällen unseres Untersuchungsgutes, die 2,0‰ und mehr Blutalkohol aufwiesen, den prozentualen Anteil derjenigen mit Gang- und Sprachstörungen der Zeit nach Trink-Ende zugeordnet.

Wenn unsere bisherigen Erkenntnisse richtig waren, so mußte sich auch zwischen diesen beiden Reihen eine exponentielle Abhängigkeit nachweisen lassen. Tatsächlich ließen sich die Werte unter Verwendung der Logarithmen der Zeit durch eine Gleichung ersten Grades mit einer die Abhängigkeit sichernden Bestimmtheit von 86% nähern. Die durch die Gleichung gegebenen Parameter konnten jedoch nicht richtig sein, weil ein viel zu langer Zeitraum nach Trink-Ende umfaßt wurde. Dies mag seinen Grund darin haben, daß einzelne Angaben über die Zeit von den Untersuchten bewußt falsch gemacht worden waren. Wenn bei einer Konzentration von 2,0‰ oder mehr ein über 6 Std zurückliegendes Trink-Ende behauptet wird, so ist das von vornherein unglaubwürdig.

Um die dadurch in unsere Berechnung hineingetragenen Fehler auszuschalten, haben wir nochmals eine „gewogene Regression“ vorgenommen, wobei die Gewichte so gewählt wurden, daß sie dem Streuungsquadrat der prozentualen Anteile umgekehrt proportional waren und ihre Summe eins ergab. Damit bestand die Gewähr, daß vor allem die zuverlässigen und wenig streuenden Werte in die Rechnung eingingen.

Wir haben diese Zusammenhänge in Abb. 3 graphisch dargestellt. Die in zweiter Näherung erhaltene Regressionsgleichung sichert die Abhängigkeit auch, jedoch nur mit 80% Bestimmtheit. Dafür kommt sie den tatsächlichen Verhältnissen sicher näher. Der umfaßte Zeitbereich ist begrenzt und auch bei den hohen Konzentrationen noch glaubhaft.

Die Darstellung mit der logarithmisch abgetragenen Zeit auf der Abszisse und den prozentualen Anteilen auf der Ordinate läßt erkennen, daß selbst bei  $2^0/_{00}$  und mehr Blutalkohol nur kurze Zeit nach Trink-Ende in jedem Fall (100%) Sprach- und Gangstörungen feststellbar sind. Mit fortschreitender Zeit nimmt ihr Auftreten exponentiell ab. Nach  $1\frac{1}{2}$  Std sind es nur noch 50%, und nach 4—5 Std kann man kaum noch damit rechnen, derartige Störungen vorzufinden.

An einem gesetzmäßig definierten Einfluß der Zeit auf die Wirkung des Alkohols kann nach den hier vorgelegten Beobachtungen wohl kein Zweifel mehr bestehen. Dazu beizutragen, daß diesem Umstand bei der Beurteilung von Blutalkoholbefunden die nötige Aufmerksamkeit geschenkt wird, war die Aufgabe dieser Untersuchung.

### Zusammenfassung

An einer aus 15376 Fällen ausgewählten und nach dem Merkmal „Zeit nach Trink-Ende“ geordneten Stichprobe von 10076 forensischen Blutproben zur Alkoholbestimmung wird durch nahezu ideale Annäherung der Merkmalshäufigkeiten an eine logarithmische Normalverteilung der Nachweis der Zufälligkeit der Stichprobe (random sample) erbracht. Aus dem Verteilungsgesetz des Merkmals ergibt sich, daß unter den für unsere Beobachtung geltenden Bedingungen 105 min nach Trink-Ende erst 50% aller Entnahmen erfaßt werden. In den Zeitraum von  $\frac{1}{2}$  bis 6 Std fallen 90% und in den Zeitraum von  $\frac{1}{4}$ — $11\frac{1}{2}$  Std nach Trink-Ende 99% aller Entnahmen.

Da die Stichprobe logarithmisch normal verteilt, also ohne Zweifel repräsentativ ist, besteht keine Gefahr, daß bei der Schätzung weiterer Parameter systematische Fehler in die Untersuchung einfließen.

Bei Betrachtung der in Zeiten nach Trink-Ende geordneten absoluten Zahlen „klinisch eindeutig Trunkener“ zeigt sich, daß ihre *Verteilung* auf die Zeiten von der Höhe der Blutalkoholkonzentration nicht beeinflusst wird.

Der davon nicht berührte Einfluß der Konzentrationen auf die *Anzahl selbst* läßt sich durch Erfassung der prozentualen Anteile „klinisch eindeutig Trunkener“ an der Gesamtzahl, mit welcher jede durch Zeit und Konzentration markierte Klasse besetzt ist, darstellen.

Durch lineare Mehrfachregression kann die gesetzmäßige Abhängigkeit der prozentualen Anteile „klinisch eindeutig Trunkener“ von beiden Größen, der Zeit und der Konzentration, definiert werden. Sie lautet: Unter allen Alkoholisierten mit gleichem Blutalkoholgehalt nimmt der Anteil der „klinisch eindeutig Trunkenen“ um rund 47% ab, wenn der Logarithmus der Zeit nach Trink-Ende um 1 größer wird, und unter allen zur gleichen Zeit nach Trink-Ende Untersuchten nimmt der Anteil der „klinisch eindeutig Trunkenen“ um rund 25% zu, wenn die Konzentration um 1 größer wird. Reine Konzentrationsabhängigkeit der

Anteile „klinisch Trunkener“ besteht offenbar nur in der ersten Zeit nach Trink-Ende, welche der resorptiven Phase des Alkoholgeschehens entspricht. In der postresorptiven Phase ist der Zeiteinfluß beträchtlich und überwiegt den der Konzentration.

Die Bedeutung dieser Erkenntnisse für die forensische Praxis wird an Hand eines besonders eindrucksvollen Beispiels aufgezeigt und abschließend angeregt, dem Einfluß der Zeit bei der Beurteilung von Blutalkoholbefunden künftig mehr Aufmerksamkeit zu schenken.

### Literatur

- ALHA, A.: Blood alcohol and clinical inebriation in finish men. *Ann. Acad. Sci. fenn.* **5**, 26 (1951).
- Der klinische Rauschzustand während des steigenden und fallenden Blutalkohols. *Ärztl. Lab.* **2**, 9 (1956).
- BERGGREN, S. M., and L. GOLDBERG: The absorption of ethyl alcohol from the gastro-intestinal tract as a diffusion process. *Acta physiol. scand.* **1**, 246 (1940).
- BOHNÉ, G., K. LUFF u. H. TRAUTMANN: Experimentelle Untersuchungen über die Kompensationsmöglichkeit alkoholbedingter Störungen der Aufmerksamkeit und Motorik. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **46**, 226 (1957).
- BORGMANN, W.: Blutalkohol bei Verkehrsstraftaten. Gutachten des Präsidenten des Bundesgesundheitsamtes. Bielefeld: Kirschbaum o. J.
- BOSCHOR, F.: Studien über den Ablauf der Alkoholintoxikation unter besonderer Berücksichtigung der pharmakologischen Beziehungen in der Resorptionsphase bei Alkoholgewöhnten. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **40**, 399 (1951).
- Beobachtungen über ein funktionales Prinzip bei der psychomotorischen Leistungsminderung in den verschiedenen Phasen der akuten Alkoholintoxikation. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **41**, 273 (1952).
- CASPERS, H., u. G. ABELE: Hirnelektrische Untersuchungen zur Frage der quantitativen Beziehungen zwischen Blutalkoholgehalt und Alkoholeffekt. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **45**, 492 (1956).
- EGGLETON, M. G.: Determination of the metabolic rate of alcohol. *J. Physiol. (Lond.)* **98**, 228, 239 (1940).
- FORSTER, B., u. H.-J. STARCK: Über die Hell- und Dunkeladaptation unter Alkoholeinfluß. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **49**, 66 (1959).
- GERCHOW, J.: Statistische und experimentelle Untersuchungen zur Frage einer unterschiedlichen Beurteilung bei steigenden und fallenden Blutalkoholkonzentrationen. *Hefte Unfallheilk., Kongreßbericht* (1960, im Druck).
- GERCHOW, J., u. B. WITTLICH: Experimentelle und statistische Untersuchungen über alkoholbedingte Persönlichkeitsveränderungen in der postresorptiven Phase. Kiel, Privatdruck des Bundes für alkoholfreien Verkehr e.V. 1960.
- GRUHLE, H. W.: Die forensische Beurteilung der Alkoholwirkung. *Med. Sachverständige* **1954**, 54.
- GRÜNER, O.: Untersuchungen über die Beeinflußbarkeit der Alkoholresorption durch psychische Faktoren. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **45**, 401 (1956).
- Alkohol und Aufmerksamkeit. Ihre Bedeutung im motorisierten Verkehr. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **44**, 187 (1955).
- HAGGARD, H. W., L. A. GREENBERG and G. LOLL: The absorption of alcohol with special reference to its influence on the concentration of alcohol appearing in blood. *Quart. J. Alcohol* **1**, 684 (1941).
- HALLERMANN, W.: Alkohol und Verkehr. Kiel, Privatdruck o. J.
- HARGER, R. N.: Comments on the article „Medico-Legal aspects of chemical tests of alcoholic intoxication“. *Canad. Serv. med. J.* **12**, 808 (1956).

- HARGER, R. N., H. A. HEISE, CH. O. STURDEVANT, F. E. INBAU and G. E. HALL: Distribution of absorbed alcohol: body materials which yield reliable results. *J. forensic. Sci.* **1**, 27 (1956).
- HEMPEL, W.: Trunkenheits-Symptome in ihrer Abhängigkeit von der resorptiven und postresorptiven Phase. Inaug.-Diss. Kiel 1957.
- JUNGMICHEL, G.: Straßenverkehrsunfall und Blutalkohol. Hefte Unfallheilkunde **1952**, 139.
- KÜRZINGER, R.: Überlegungen hinsichtlich der Prüfung der Verkehrstauglichkeit von angetrunkenen Kraftfahrern. *Dtsch. Gesundh.-Wes.* **14**, 2248 (1959).
- LOMMER, E.: Statistische Betrachtungen zur Trunkenheitsdiagnose und zur Anwendbarkeit der Nystagmusprobe. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **49**, 281 (1959).
- MELLANBY, E.: Alcohol: its absorption into and disappearance from the blood under different conditions. *Brit. Med. Res. Comm. Spec. Rep. Ser.* **31**, 1 (1919).
- MUELLER, B.: Die Bewertung von Blutalkoholbefunden. *Münch. med. Wschr.* **1950**, 128.
- Der gegenwärtige Stand der Blutalkoholforschung. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **41**, 1 (1952).
- Zur Wirkung von 1,5<sup>0</sup>/<sub>00</sub> Blutalkohol. *Zbl. Verkehrs-Med.* **3**, 1 (1957).
- MÜLLER-HESS, V., u. W. HALLERMANN: Die Beurteilung der Handlungsfähigkeit auf Grund der Blutalkoholbestimmung. *Jkurse ärztl. Fortbildg.* **1936**, 1.
- RAUSCHKE, J.: Über die Blutalkoholkurve im Stadium der Resorption. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **41**, 474 (1952).
- Alkoholnystagmus und Leistungsschädigung. *Medizinische* **1958**, 460.
- Über die akute Hirnleistungsschädigung durch Alkohol unter besonderer Berücksichtigung der individuellen Alkoholtoleranzschwelle und ihrer experimentellen Nachweisbarkeit. *Z. ärztl. Fortbild.* **53**, 639 (1959).
- SCHLEYER, F.: Zur ärztlichen Begutachtung von Trunkenheitsdelikten in foro. *Öff. Gesundh.-Dienst* **12**, 461 (1951).
- SCHMIDT, O.: Die elektrische Registrierung alkoholbedingter Gleichgewichtsstörungen. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **45**, 231 (1956).
- SCHWETZER, H.: Graphologische, klinische und psychologische Untersuchungen unter Alkoholwirkung. *Öff. Gesundh.-Dienst* **16**, 361 (1955).
- SEIFERT, P.: Nachdenkliches zur Praxis der verkehrsmedizinischen Alkoholbegutachtung in Deutschland. *Ärztl. Lab.* **4**, 60 (1958).
- STARCK, H. J.: Untersuchungen über die Verkehrssicherheit alkoholgewohnter Kraftfahrer bei Blutalkoholwerten um 1,5<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **42**, 155 (1953).
- WEINIG, E., u. W. SCHWERD: Die Berechnung der Blutalkoholkonzentration zur Tatzeit und der Maximumbereich. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **44**, 55 (1955).
- TASCHEN, B.: Nystagmusprobe zur Feststellung der Alkoholbeeinflussung. *Kriminalistik* **8**, 180 (1954).
- Eine einfache Nystagmusprobe zur Feststellung der Alkoholbeeinflussung. *Med. Mschr.* **1955**, 25.
- Nystagmusprüfungen zur Feststellung der Alkoholbeeinflussung. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **44**, 436 (1955).
- TUOVINEN, P.: Über den Einfluß des Alkohols auf die Arbeitsfähigkeit und über seine Aufsaugung ins Blut. *Int. J. Alcohol* **35**, 23 (1927).
- Über die Beurteilung der Blutalkoholmenge für die Feststellung des Rausches. *Acta Soc. Med. "Duodecim"* **27**, 1 (1939).

Prof. Dr. med. J. GERCHOW, Institut für gerichtliche und soziale Medizin,  
Kiel, Hospitalstraße 42

Dr. V. SACHS, Kiel, Hospitalstraße 42