

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

Alkoholbestimmungen in geronnenem Blut

Von

W. HALLERMANN, V. SACHS und E. STEIGLEDER

Mit 1 Textabbildung

(Eingegangen am 2. Oktober 1959)

Gewisse Bedenken, die ILLCHMANN-CHRIST bei der Besprechung seiner Untersuchungen über die Blutkuchen-Vollblut-Alkoholrelation äußerte, haben uns dazu veranlaßt, in dieser Richtung weitere Versuche durchzuführen.

ILLCHMANN-CHRIST hat — ähnlich wie KÜNKELE, dessen Ergebnisse weniger wegen des geringen Versuchsumfanges ($N = 15$), als wegen der unvollständigen Auswertung und besonders dadurch, daß die Schlußfolgerungen seiner Ausführungen durch den Inhalt kaum getragen werden, nicht zu überzeugen vermögen — in 161 Fällen aus zwei gleichzeitig entnommenen Blutproben in der einen den Vollblutwert, in der anderen den Alkoholgehalt des abgesetzten Blutkuchens nach Zentrifugieren jeweils durch Dreifachuntersuchung nach WIDMARK bestimmt. Das Mittel aller 161 aus Alkoholgehalt der Blutkuchen durch Alkoholgehalt des Vollblutes gebildeten Quotienten ergab einen Divisor von $0,76 \pm 0,06$, wobei der 3fache mittlere Fehler des Mittelwertes nur etwa $\pm 2\%$ betrug, während die 3fache mittlere Abweichung der Einzelwerte sich auf $\pm 22\%$ belief.

ILLCHMANN-CHRIST weist in der Diskussion der Ergebnisse darauf hin, daß die erstaunlich geringe Streuung des Mittelwertes im Hinblick auf die aus der Klinik und Physiologie bekannten Erfahrungen über die außerordentlich unübersichtlichen Verhältnisse bei der Blutkuchenbildung (ABE, ALBRITTON, DEUTSCH, FONIO, HARTERT, HIRSCHBOECK, MILLER, RISAK, STEFANINI, TOCANTINS, VOIGT u. a.) doch mit Vorsicht zu bewerten sei und daß sich in der größeren Streuung der Einzelwerte (maximal $\pm 22\%$) eine gewisse Inhomogenität der Substrate spiegelt, wobei die Schwankungen weniger auf die unterschiedliche Verteilung des Alkohols im einzelnen Blutkuchen, als vielmehr auf die Unterschiede von Blutkuchen zu Blutkuchen zurückzuführen sein sollen. Er macht schließlich auch noch darauf aufmerksam, daß sein Untersuchungsgut insofern nicht ganz zufällig gewesen sein könnte, als 3 Einzelbestimmungen in jedem Blutkuchen zu wenig waren, um alle zufälligen Schwankungen zu erfassen, wodurch die tatsächliche Streuung möglicherweise beschnitten wurde.

Diese Bedenken erscheinen schon auf Grund statistischer Erwägungen nicht ganz unberechtigt zu sein. Bei experimentellen Untersuchungen sind ja die tatsächlichen Mittelwerte (\bar{x}) und die tatsächlichen

Streuungen (σ) nicht bekannt. Man ist auf Schätzungen dieser Größen (\bar{x} und s) angewiesen und es liegt auf der Hand, daß derartige Schätzungen, selbst wenn effiziente Methoden angewendet werden, dann nicht asymptotisch frei von Bias (unbiased) sind und erheblich von den tatsächlichen Mittelwerten und Streuungen abweichen können, wenn die Versuchsergebnisse nicht „zufällig“ gewonnen wurden (CRAMÉR, FISHER, VAN DER WAERDEN). Ganz abgesehen davon, daß das Material unter Umständen ganz anderen Verteilungsgesetzen gehorcht, also nicht „normal“, sondern z. B. nach CAUCHY verteilt ist, so daß Mittelwert und Streuung gar keine charakteristischen Parameter darstellen, kann auch eine unglückliche Wahl des Maßstabes zu Verzerrungen und erst die Transformation desselben sowie die Einführung neuer Variabler zu brauchbaren Schätzungen führen. Da indes theoretische Spekulationen in unserem Fall nicht weiterhelfen, haben wir uns, gewissermaßen um die Zweifel ILLCHMANN-CHRISTS an der absoluten Gültigkeit seiner Untersuchungsergebnisse zu zerstreuen bzw. zu rechtfertigen, folgende Fragen vorgelegt:

1. Ist geronnenes Blut im Hinblick auf die zahlreichen, im einzelnen nicht zu übersehenden, bei seiner Bildung wirksamen Faktoren und auf die physiologisch schon in weiten Grenzen schwankende Zusammensetzung (Festigkeit, Flüssigkeitsgehalt usw.) bezüglich der Feststellung seines Alkoholgehaltes ein ebenso homogenes Untersuchungssubstrat wie etwa Serum oder Vollblut?

2. Beruht, wenn dies nicht der Fall sein sollte, die Inhomogenität auf Unterschieden der Alkoholverteilung innerhalb eines jeden Blutkuchens oder auf Abweichungen des mittleren Alkoholgehaltes von Blutkuchen zu Blutkuchen und sind diese Unterschiede signifikant oder so gering, daß man sie vernachlässigen kann?

3. Sind eventuelle, starke Schwankungen des Alkoholgehaltes der Blutkuchen durch die an der Oberfläche haftenden Serumreste bedingt oder nicht?

Methodik

Zur Beantwortung der ersten beiden Fragen wurde in 3 genügend großen (etwa 5—6 cm langen und etwa 1 cm breiten) Blutkuchen, die sich aus Blutproben abgesetzt hatten, deren Alkoholgehalt nach WIDMARK und der Fermentmethode exakt ermittelt worden war, in jeweils 15 Einzeluntersuchungen der Alkoholgehalt mittels der Widmark-Methode bestimmt. Dabei wurde so vorgegangen, daß der Blutkuchen auf Fließpapier gerollt wurde und sodann die 15 Einzelproben von einem Rand über das Zentrum zum anderen Rand fortschreiten (gleichsam in „Serienschnitten“) unter Vermeidung von Verdunstungsverlusten entnommen wurden. Der Versuch wurde „zufällig“, also so angeordnet, daß eine wirksame statistische Methode zur Prüfung der Signifikanz etwaiger Unterschiede angewendet werden konnte.

In den folgenden Untersuchungsreihen wurde zur Klärung der dritten Frage in Blutproben des laufenden forensischen Eingangs, deren Alkoholkonzentrationen bereits bekannt waren, nochmals der Alkoholgehalt in 3, teilweise 5 Einzelunter-

suchungen nach WIDMARK bestimmt. Zur weiteren Bearbeitung gelangten nur solche Proben, in welchen der Alkoholspiegel mit dem früher ermittelten übereinstimmte und in denen sich genügend große (ca. 5—6 cm lange und 1 cm breite) Blutkuchen in etwa gleicher Zeit (ca. 24 Std) abgesetzt hatten.

Die ersten 25 der so gewonnenen Blutkuchen wurden zunächst ganz kurz auf Fließpapier gerollt, sodann zur weitgehenden Entfernung der an der Oberfläche haftenden Serumreste in ein 4 × 6 cm großes Stück Fließpapier eingehüllt und unter Luftabschluß 20 min lang in einem Reagensglas bei Zimmertemperaturen stehengelassen. Danach wurde der Alkoholgehalt unter Vermeidung von Verdunstungsverlusten in zwei Reihen als Mittelwert aus jeweils 3 Proben der Randpartie und des Zentrums nach WIDMARK ermittelt. Innerhalb der Einzelwerte gleicher Zonen (Randpartie bzw. Zentrum) bestanden keine über die methodische Schwankungsbreite hinausgehenden Abweichungen.

Bei weiteren 27 Blutproben wurde in gleicher Weise vorgegangen, nur daß hier die Aufbewahrung der in gleich große Stücke Fließpapier eingehüllten Blutkuchen unter Luftabschluß auf 24 Std ausgedehnt wurde.

Eine noch längere Aufbewahrung (48 bzw. 72 Std) erwies sich in Voruntersuchungen als unbrauchbar.

Ergebnisse und Besprechung

Die Ergebnisse der ersten Versuchsreihe, in welcher wir bei drei gleich großen, unter gleichen Bedingungen abgesetzten Blutkuchen,

Tabelle 1. Alkoholgehalt von 3 Blutkuchen in jeweils 15 Einzeluntersuchungen

Blutkuchen I Alkoholgehalt des Vollblutes: 1,30‰		Blutkuchen II Alkoholgehalt des Vollblutes: 1,80‰		Blutkuchen III Alkoholgehalt des Vollblutes: 1,86‰	
‰	Q_1	‰	Q_2	‰	Q_3
1	2	3	4	5	6
0,84	0,65	1,50	0,83	1,49	0,80
1,00	0,76	1,52	0,84	1,32	0,71
0,87	0,67	1,48	0,82	1,76	0,95
1,10	0,85	1,37	0,76	1,41	0,76
1,10	0,85	1,43	0,79	0,99	0,53
1,10	0,85	1,49	0,83	1,28	0,69
1,09	0,84	1,53	0,86	1,35	0,73
1,04	0,80	1,20	0,67	1,66	0,89
0,90	0,69	1,43	0,79	1,28	0,69
0,99	0,76	1,27	0,71	1,47	0,79
1,04	0,80	1,47	0,82	1,41	0,76
1,07	0,82	1,42	0,79	1,49	0,80
0,95	0,73	1,46	0,81	1,54	0,83
0,98	0,75	1,42	0,79	1,20	0,65
1,02	0,78	1,44	0,80	1,24	0,67
Mittelwerte	$\bar{x}_{Q_1} = 0,77$ $s_{Q_1} = \pm 0,07$		$\bar{x}_{Q_2} = 0,79$ $s_{Q_2} = \pm 0,05$		$\bar{x}_{Q_3} = 0,75$ $s_{Q_3} = \pm 0,1$

gleichsam in „Serienschnitten“ aus jeweils 15 Einzelproben den Alkoholgehalt ermittelten, sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

Am Kopf der Tabelle 1 ist der zugehörige Vollblutalkoholgehalt, in den Spalten 1, 3 und 5 die Konzentration der je 15 Einzelproben in der

Reihenfolge der fortlaufenden Entnahme angegeben. Die Spalten 2, 4, und 6 enthalten die aus den Alkoholkonzentrationen der Blutkuchen durch die des Vollblutes gebildeten Quotienten (Q) mit ihren Mittelwerten (\bar{x}_{Q_i}) und Streuungen (s_{Q_i}).

Trotz des geringen Versuchsumfanges zeigen die Zahlen für sich allein schon recht eindrucksvoll, daß der durchschnittliche Alkoholgehalt (bzw. das Verhältnis des Alkoholgehaltes von Blutkuchen zu Vollblut) von Blutkuchen zu Blutkuchen schwankt und daß auch die Verteilung des Alkohols im einzelnen Blutkuchen sehr unterschiedlich ist.

Um zu klären, ob die Werte der Tabelle 1 nur zufällig streuen und sich im Grunde so verhalten, als gehörten sie alle der gleichen Grundgesamtheit an, aber auch um eventuellen Einwänden vorzubeugen, haben wir die Quotienten (Q) einer doppelten Streuungszerlegung unterworfen. Diese Methode ist in der gegebenen und geplanten „zufälligen“ Versuchsanordnung durchaus anwendbar und deshalb besonders zu bevorzugen, weil sie die größte Aussagepräzision besitzt. Das erhellt unter anderem daraus, daß ihr relativer Wirkungsgrad 5,28 beträgt.

Tabelle 2. *Ergebnis der doppelten Streuungszerlegung der Quotienten Q der Tabelle 1*

Art der Streuung	Summe der Abweichungsquadrate	Freiheitsgrade	Durchschnittsquadrate (DQ)
Zwischen den Einzelwerten jedes BK (Zeilen)	0,2125	14	$\frac{0,2125}{14} = 0,01518$
Zwischen den BK (Spalten)	0,0145	2	$\frac{0,0145}{2} = 0,00725$
Rest (Wechselwirkung = Versuchsstreuung)	0,0300	28	$\frac{0,03}{28} = 0,00107$
Gesamtstreuung	0,2570	44	—

$$F_1 = \frac{DQ \text{ zw. Zeilen}}{DQ \text{ Rest}} = \frac{0,01518}{0,00107} = 14,19$$

$$F_2 = \frac{DQ \text{ zw. Spalten}}{DQ \text{ Rest}} = \frac{0,00725}{0,00107} = 6,77$$

$$F_{\beta \ 0,01} (f_1 = 14, f_2 = 28) = 2,79. \quad F_{\beta \ 0,01} (f_1 = 2, f_2 = 28) = 5,45.$$

$$F_1 > F_{\beta \ 0,01}. \quad F_2 > F_{\beta \ 0,01}.$$

Nach Durchführung der Analyse erhält man die in Tabelle 2 wiedergegebenen Daten. Die Prüfung der Durchschnittsquadrate in der letzten Spalte der Tabelle mit Hilfe der F -Verteilung zeigt eindeutig, mit einer Sicherung auf dem 1%-Niveau, daß sich die Quotienten keineswegs so verhalten, als gehörten sie derselben Grundgesamtheit an. Im Gegenteil, die Unterschiede der Quotienten der Einzelwerte innerhalb eines

jeden Blutkuchens, aber auch die der mittleren Verhältnisse von Blutkuchen zu Blutkuchen sind signifikant different.

Wir hatten im Hinblick auf die von ILLCHMANN-CHRIST geäußerten Bedenken und mit Rücksicht auf die aus Klinik und Physiologie bekannten Ergebnisse zwar

mit gewissen Schwankungen gerechnet, daß sie jedoch so eklatant sein und in nicht zu übersehendem Widerspruch zu der von ILLCHMANN-CHRIST beobachteten, offensichtlich nur vorgetäuschten Konstanz des Verhältnisses von Blutkuchenalkohol zu Vollblutalkohol stehen würden, hat uns selbst überrascht.

Immerhin bestand theoretisch noch die Möglichkeit, daß diese Schwankungen durch an der Blutkuchenoberfläche haftende Serumreste bewirkt worden waren. Dieser Frage sind wir in zwei weiteren

Untersuchungsreihen nachgegangen, wobei die Oberfläche der Blutkuchen in der vorbeschriebenen Weise

„getrocknet“ wurde. Die Ergebnisse der zweiten Reihe sind in der Tabelle 3 zusammengestellt. In Spalte 1 sind die Vollblutkonzentrationen angegeben. In Spalte 2 und 3 wurden die Alkoholkonzentrationen des Zentrums denen der Randpartie gegenübergestellt. In Spalte 4 wurden Zentrum- und Randkonzentrationen gemittelt und in Spalte 5 schließlich das mittlere Verhältnis von Blutkuchenalkohol zum Vollblutspiegel registriert.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung der Zahlen der Tabelle 3 zeigt sich, daß sich in ihnen im Grunde alle die Unterschiede und Schwankungen spiegeln, die wir in unserem umfangmäßig kleinen Vorversuch

Tabelle 3. Alkoholkonzentrationen von 25 Blutkuchen

Alkoholgehalt des Vollblutes in ‰	Alkoholgehalt des Blutkuchens			Q
	Zentrum in ‰	Rand in ‰	Mittel aus Rand und Zentrum in ‰	
1	2	3	4	5
0,49	0,28	0,33	0,31	0,63
0,67	0,54	0,55	0,55	0,82
0,70	0,32	0,34	0,33	0,47
0,75	0,32	0,33	0,33	0,44
0,85	0,53	0,58	0,55	0,65
0,86	0,40	0,44	0,42	0,49
0,86	0,64	0,74	0,69	0,80
0,87	0,51	0,52	0,52	0,60
0,90	0,58	0,68	0,63	0,70
0,93	0,54	0,54	0,54	0,58
1,06	0,51	0,57	0,54	0,51
1,15	0,50	0,60	0,55	0,48
1,25	1,01	1,06	1,03	0,82
1,26	0,76	0,84	0,80	0,64
1,26	0,49	0,53	0,51	0,40
1,37	0,73	0,82	0,78	0,57
1,56	1,04	1,07	1,05	0,67
1,66	1,06	1,18	1,12	0,68
1,87	0,94	1,05	0,99	0,53
1,89	1,25	1,40	1,33	0,70
2,01	1,16	1,35	1,25	0,62
2,03	1,04	1,40	1,37	0,67
2,04	1,40	1,43	1,42	0,68
2,24	1,17	1,28	1,22	0,84
2,30	1,36	1,33	1,35	0,59

Mittelwert $\bar{x}_Q = 0,61$ $s_Q = \pm 0,11$

bereits beobachtet haben. Die Verschiebung des Mittelwertes der Quotienten (Q) nach links (0,61 gegenüber 0,77 beim ersten Versuch) könnte zufällig sein, da der geringe Umfang der ersten Untersuchung (3 Blutkuchen) sicher nicht für das mittlere Verhältnis des Alkoholgehaltes aller Blutkuchen zu den entsprechenden Vollblutwerten repräsentativ ist. Es wäre jedoch auch durchaus möglich, daß es ein Effekt der „Trocknung“ der Blutkuchenoberfläche ist, wobei dahinstehen mag, ob wirklich nur die oberflächlichen Serumreste entfernt oder ob auch die oberflächennahen Blutkuchenschichten etwas „entwässert“ wurden.

Darüber hinaus fällt auf, daß der Alkoholgehalt der Randpartien durchschnittlich höher liegt als der des Zentrums der Blutkuchen. Zur Sicherung dieses Befundes eignet sich am besten die verteilungsfreie Vorzeichenmethode, da die beiden zu vergleichenden Reihen an denselben Objekten in gleicher Versuchszahl gewonnen wurden. Ist n die Zahl der differenten Ergebnisse, k die der positiven und $n-k$ die der negativen Differenzen der Ergebnisse der beiden Reihen, so ist ein durchschnittlicher Unterschied der Reihen dann mit einer beliebigen Irrtumswahrscheinlichkeit β gesichert, wenn k und $n-k$ die Grenzen k_β und $n-k_\beta$ erreichen oder überschreiten. Dabei ist die Schranke k die kleinste Zahl, für welche die Summe $\binom{n}{0} + \binom{n}{1} + \dots + \binom{n}{k}$ größer als $\beta \cdot 2^n$ wird. In unserem Falle ist $n = 24$ (eine Differenz ist 0), $k = 23$ und $n-k = 1$. Danach liegen k und $n-k$ außerhalb der Schranken $k_{\beta 0,01} = 18$ und $n-k_{\beta 0,01} = 6$. Unter den gegebenen Untersuchungsbedingungen sind die Randpartien der Blutkuchen also signifikant und nicht etwa nur zufällig „alkoholhaltiger“ als die Zentren. Insofern ist anzunehmen, daß die „Trocknung“ der Oberfläche zu keinem nennenswerten Flüssigkeitsentzug in den Randschichten geführt hat und daß das mittlere Verhältnis von Blutkuchen- zu Vollblutalkohol der ersten Versuchsreihe doch nur zufällig größer ist.

Die Streuung der Quotienten Q , die mit $s = \pm 0,11$ ermittelt wurde, läßt sich am eindrucksvollsten graphisch darstellen. In Abb. 1 haben wir in gleichem Maßstab den Alkoholgehalt des Vollblutes auf der Abszisse, die des Blutkuchens auf der Ordinate zugeordnet. Die dünn ausgezogene Gerade stellt das mittlere Verhältnis $\bar{x}_Q = 0,61$, die dünn gestrichelten Linien das 1,64fache der Streuung um diesen Wert, also 90% aller möglichen Abweichungen vom Mittelwert dar. Wäre, wie ILLCHMANN-CHRIST ermittelte, das durch Q ausgedrückte Verhältnis ziemlich konstant, so müßten sich alle Punkte eng um die den Mittelwert darstellende Gerade gruppieren. Das ist indes, wie die Abb. 1 deutlich zeigt, keineswegs der Fall. Die Werte streuen vielmehr z. T. erheblich um die Mittelwertgerade. In 3 Fällen wird sogar die 90%-Grenze überschritten.

Es zeigt sich also auch hier, daß einmal die Verteilung des Alkohols im Blutkuchen unterschiedlich ist, zum anderen, daß die mittlere Alkoholaufnahmefähigkeit von Blutkuchen zu Blutkuchen in weiten Grenzen schwankt. Eine Einheitlichkeit des Blutkuchens als Substrat für eine Alkoholbestimmung, wie vergleichsweise die des Serums oder des Vollblutes, kann danach selbst bei Anlegung großzügiger Maßstäbe nicht angenommen werden. Schließlich lassen sich die starken Schwankungen der Alkoholgehalte der Blutkuchen auch nicht, wie es immerhin

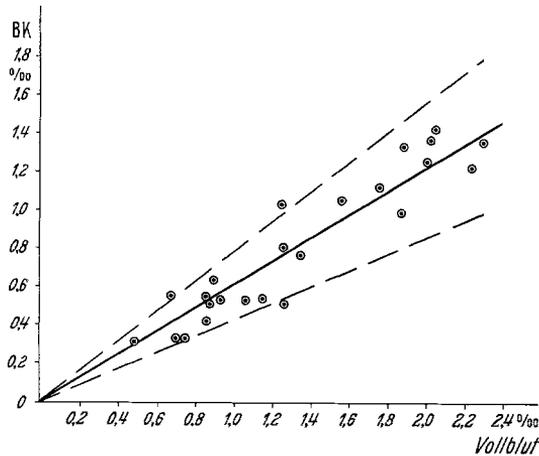


Abb. 1. Graphische Darstellung der Verhältnisse von Alkoholgehalt der Blutkuchen durch Alkoholgehalt des Vollblutes bei 25 Blutkuchen nach kurzer „Trocknung“ der Oberfläche. Abszisse: Alkoholgehalt des Vollblutes in Promille. Ordinate: mittlerer Alkoholgehalt der Blutkuchen in Promille. Die Vollblutkonzentrationen sind gegen die der Blutkuchen aufgetragen. Die ausgezogene Gerade stellt das mittlere Verhältnis, die gestrichelten Geraden die 5 %-Streuungsgrenze dar

denkbar gewesen wäre, auf die an der Oberfläche haftenden Serumreste zurückzuführen.

Die dritte, an 27 Blutkuchen durchgeführte Untersuchungsreihe, deren Ergebnisse in Tabelle 4 wiedergegeben sind, hat trotz der längeren „Trocknung“ keine neuen Gesichtspunkte erbracht. Der Alkoholgehalt der Randpartien war auch hier gegenüber den Zentren noch signifikant höher. Der um 0,04 größere Mittelwert der Quotienten Q weicht nur im Zufallsbereich vom Mittelwert \bar{x}_Q der vorigen Reihe ab. Nach „Student“ war $t = 1,22$ bei $f = 50$ Freiheitsgraden kleiner als $t_{\beta 0,05} = 2,01$. Daß die längere „Trocknung“ tatsächlich keinen entscheidenden Einfluß auf die starken Schwankungen des Verhältnisses von Alkoholgehalt der Blutkuchen zu denen des Vollblutes gehabt hat, zeigt sich am deutlichsten darin, daß die Streuungen der Quotienten beider Reihen die gleiche Größenordnung aufweisen. Damit finden die weiter oben angestellten Überlegungen eine nochmalige Bestätigung.

Um uns nicht dem Vorwurf auszusetzen, unser Untersuchungsgut sei nicht unabhängig und zufällig, sondern enthalte durch unrichtige Auswahl oder Abhängigkeit von störenden Faktoren einen Bias, der die Mittelwerte verzerrte und die Streuungen verbreiterte, haben wir auch

Tabelle 4. *Alkoholkonzentrationen von 27 Blutkuchen*

Alkoholgehalt des Vollblutes in ‰	Alkoholgehalt des Blutkuchens			Q
	Zentrum in ‰	Rand in ‰	Mittel aus Rand und Zentrum in ‰	
1	2	3	4	5
0,23	0,13	0,13	0,13	0,57
0,26	0,14	0,10	0,12	0,46
0,49	0,32	0,34	0,33	0,67
0,52	0,31	0,33	0,32	0,62
0,55	0,29	0,39	0,34	0,62
0,60	0,35	0,26	0,31	0,52
0,79	0,49	0,52	0,50	0,63
0,93	0,61	0,68	0,64	0,69
1,06	0,58	0,69	0,64	0,60
1,11	0,83	0,87	0,85	0,77
1,29	0,84	0,96	0,90	0,70
1,32	0,87	0,88	0,88	0,67
1,36	0,96	0,99	0,98	0,74
1,50	1,00	1,08	1,04	0,69
1,53	0,83	0,83	0,83	0,54
1,80	1,41	1,45	1,43	0,80
1,81	0,77	0,83	0,80	0,44
1,83	1,20	1,42	1,31	0,72
1,85	1,38	1,39	1,39	0,75
1,94	1,30	1,20	1,25	0,65
1,96	1,13	1,47	1,30	0,66
2,02	1,05	1,12	1,09	0,54
2,08	1,40	1,58	1,49	0,72
2,19	0,84	1,02	0,93	0,42
2,23	1,68	1,75	1,72	0,77
2,26	1,82	1,86	1,84	0,81
2,36	1,78	1,95	1,86	0,79

$$\begin{aligned} \text{Mittelwert } \bar{x}_Q &= 0,65 \\ s_Q &= \pm 0,11 \end{aligned}$$

berechnet. Die beobachteten Werte wurden mit den Erwartungswerten nach der χ^2 -Methode verglichen. Die Werte von χ^2 liegen in beiden Fällen weit unter der 5%-Schranke, so daß die Quotienten als normalverteilt angesehen werden dürfen.

Wenn die Quotienten trotz der relativ kleinen Versuchszahl und trotz des Informationsverlustes durch die Klasseneinteilung als nahezu ideal normalverteilt gelten dürfen, so ist auch der Schluß berechtigt, daß die beiden letzten Reihen als Stichproben für die Grundgesamtheit in

noch die Verteilung der Quotienten Q der bei den letzten Versuchsreihen untersucht.

Teilt man die Quotienten in Klassen von 0,1 Breite ein, wählt den abgerundeten Mittelwert jeder Reihe als orientierende Klassenmitte und gruppiert daran nach oben und unten die weiteren Klassen, so lassen sich die Häufigkeiten der Klassen recht gut durch eine Normalverteilung annähern. Diese Verhältnisse sind in den Tabellen 5a und 5b dargestellt.

Für die Untersuchung der beiden Reihen auf ihre Normalverteilung wurden zunächst die Mittelwerte (M) und ihre Streuungen (s) mit SHEPPARDs Korrektur ermittelt und daraus die Erwartungswerte np

jeder Hinsicht repräsentativ sind. Insofern enthalten sie auch keinen, die tatsächlichen Verhältnisse entstellenden Bias.

Überblickt man abschließend unter Berücksichtigung der eingangs gestellten Fragen die Ergebnisse noch einmal, so wird man zu dem berechtigten Schluß gelangen dürfen, daß die Alkoholbestimmung im Blutkuchen insofern auf erhebliche Schwierigkeiten stößt, als der Alkohol nicht nur innerhalb eines jeden Blutkuchens signifikant unterschiedlich verteilt ist, sondern daß auch die Alkoholaufnahmefähigkeit von Blutkuchen zu Blutkuchen in weiten, durch zufällige Abweichungen nicht mehr zu erklärenden Grenzen schwankt. Diese Schwankungen werden auch nicht durch die an der Blutkuchenoberfläche haftenden Serumreste hervorgerufen, sie bestehen vielmehr nach Entfernung derselben durch „Trocknung“ unverändert fort. Damit finden aber auch die von ILLCHMANN-CHRIST geäußerten Bedenken an der Zufälligkeit und Reproduzierbarkeit seiner Versuchsergebnisse ihre volle Bestätigung.

Eine Schätzung des Vollblutalkohols aus einem aus Blutkuchen ermittelten Alkoholwert dürfte unter diesen Umständen und bei der völligen Inkonzanz der Blutkuchen-Vollblut-Alkohol-Relation auf erhebliche Schwierigkeiten stoßen. Eine Erhöhung des Divisors auf 0,85 bzw. 0,9 scheint auch kein befriedigender Ausweg zu sein, da man damit bereits in den Streubereich der Alkoholbestimmungsmethode hineingerät. Ob eine derartige Schätzung trotz aller Unsicherheitsfaktoren versucht werden soll oder nicht, wird letzten Endes der jeweilige Sachverständige von Fall zu Fall entscheiden und bejahendenfalls begründen und vertreten müssen.

Tabelle 5a. Verteilung der Quotienten Q der 2. Untersuchungsreihe

Klassen	Häufigkeiten x	normal $n \cdot p$	$\frac{(x-np)^2}{np}$
0,4	2	1,6	0,100
0,5	6	5,7	0,016
0,6	8	9,0	0,111
0,7	6	6,5	0,038
0,8	3	2,1	0,386
Mittelwert	$n = 25$	$n = 24,9$	$\chi^2 = 0,651$

$$M = 0,608 \quad \chi^2_{\beta 0,05} = 5,991$$

$$s^2 = 0,01243 \quad f = 2$$

$$s = \pm 0,11 \quad \chi^2 < \chi^2_{\beta 0,05}$$

Tabelle 5b. Verteilung der Quotienten Q der 3. Untersuchungsreihe

Klassen	Häufigkeiten x	normal $n \cdot p$	$\frac{(x-np)^2}{np}$
0,45	3	1,8	0,800
0,55	5	6,6	0,388
0,65	10	10,1	0,001
0,75	7	6,6	0,024
0,85	2	1,8	0,022
Mittelwert	$n = 27$	$n = 26,9$	$\chi^2 = 1,235$

$$M = 0,65 \quad \chi^2_{\beta 0,05} = 5,991$$

$$s^2 = 0,01 \quad f = 2$$

$$s = \pm 0,10 \quad \chi^2 < \chi^2_{\beta 0,05}$$

Literatur

ABE, K.: Studies on fibrinolysis. *Jap. J. leg. Med.* **12**, 585 (1958). — ALBRITTON, E. C.: Standard values in blood. Philadelphia 1951. — CRAMÉR, H.: Mathematical methods of statistics. Uppsala: Almqvist u. Wiksells 1945. — DEUTSCH, E.: Blutgerinnungsfaktoren. Wien: Franz Deuticke 1955. — FISHER, R.: The design of experiments. London and Edinburgh: Oliver and Boyd 1949. — FONIO, A.: Die Gerinnung des Blutes. In Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie, Bd. VI, S. 307. Leipzig 1925. — Über die fibrinolytischen Vorgänge und ihre Auswirkung in klinischer Hinsicht. *Medizinische* **40**, 1563 (1958). — HARTERT, H.: Die Thrombelastographie. Eine Methode zur physikalischen Analyse des Blutgerinnungsvorganges. *Z. ges. exp. Med.* **117**, 189 (1951). — HIRSCHBOECK, J. S.: The effect of operation and illness on clot retraction. *J. Lab. clin. Med.* **33**, 347 (1948). — ILLCHMANN-CHRIST, A.: Untersuchungen über die Relation von Blutkuchen-Vollblut-(Serum)-Alkoholwerten. Zugleich ein Beitrag zur Umrechnung von Serum- auf Vollblutalkoholkonzentrationen. Vortr. anläßl. des Kongr. der Dtsch. Ges. für gerichtl. Medizin in Zürich 1958, im Druck. — KÜNKELE, F.: Zur Blutalkoholbestimmung. (Über die Verteilung des Alkohols in geronnenem Blut.) *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **26**, 241 (1936). — MILLER, A. T.: Studies on tissue water. The determination of blood-water by the distillation method. *J. biol. Chem.* **143**, 65 (1942). — RISAK, E.: Die Fibropenie. *Z. klin. Med.* **128**, 605 (1935). — STEFANINI, M.: Mechanism of blood coagulation in normal and pathological conditions. *Amer. J. Med.* **14**, 64 (1953). — TOCANTINS, L. M.: Tests of haemostatic function in patients with abnormal bleeding. *Med. Clin. N. Amer.* **30**, 1363 (1942). — Platelets and the structure and physiological properties of blood clots. *Amer. J. Physiol.* **114**, 709 (1955/56). — VOIGT, H.: Die Blutgerinnung. In Grundzüge der pathologischen Physiologie. Berlin u. Wien: Urban & Schwarzenberg 1953. — WAERDEN, B. L. VAN DER: Mathematische Statistik. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1957.

Prof. Dr. W. HALLERMANN und Dr. E. STEIGLEDER,
Institut für gerichtliche und soziale Medizin, Kiel, Hospitalstr. 42

Dr. V. SACHS, Hamburg 22
Zentralinstitut für das Blutspendewesen, Friedrichsbergerstr. 60