

Zeitschrift: Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit
Band: 45 (1954)
Heft: 2

Artikel: Zur Methodik der Alkoholbestimmung im Blut
Autor: Wehrli, S.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-984017>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zur Methodik der Alkoholbestimmung im Blut

Von S. Wehrli

(Gerichtlich-medizinisches Institut der Universität Zürich)

Einleitung

Seit 30 Jahren werden an unserem Institut Bestimmungen von Alkohol im Blut ausgeführt. Die benützte Methode geht im wesentlichen auf *Nicloux* zurück: Der Alkohol wird durch Destillation isoliert und anschliessend durch Oxydation mit Chromsäure titrimetrisch bestimmt, also im Prinzip wie bei der Mikromethode von *Widmark* oder nach *Rochat*, wo eine Rücktitration benützt wird; wogegen *Schifferli* den Alkohol in Äthylen überführt und dieses als ungesättigten Körper titriert.

Im Laufe der Zeit sind mancherlei Einzelheiten geändert, verbessert und ergänzt worden, teils weil an die Analysen neue Anforderungen gestellt wurden und teils weil sich mit steigender Analysenzahl organisatorische Massnahmen aufdrängten. Ursprünglich diente die Alkoholbestimmung nur dazu, in tödlichen Unfällen eine schwere Alkoholwirkung festzustellen bzw. auszuschliessen. Für solche Zwecke genügt die einfache Titration. Bald hat unser Institut (*Zangger*) als ergänzende Messung die Bestimmung des Brechungsindex (nach *Adams* mit Hilfe des Zeiss'schen Interferometers) und die Prüfung auf störende Fremdstoffen (*Schwarz*) hinzugefügt. Dadurch wurde es möglich, Blutproben von Lebenden genügend genau zu untersuchen und damit die analytischen Befunde zur Beurteilung auch geringer Alkoholwirkungen zu erhalten.

Gewisse Verluste an Alkohol, die anfänglich noch in Kauf genommen werden mussten (sie wirkten sich bei der Auslegung zu Gunsten des Exploranden aus), konnten durch Verfeinerung der Methodik vermieden werden. Die steigende Zahl der Untersuchungen führte, um Verwechslungen zu vermeiden, zur Notwendigkeit einer strengen Organisation und ergab andererseits ein Erfahrungsmaterial für die Beurteilung komplizierterer Fälle, z.B. solche, bei denen die Blutentnahme erhebliche Zeit nach dem rechtlich wichtigen Ereignis erfolgte.

Die Rechtfindung ist Aufgabe des Richters. Ihm steht das gerichtsärztliche Gutachten, das sich aus der Zusammenarbeit von Chemiker und Arzt ergibt, zur Verfügung. Wie diese Analyse gegenwärtig in unserem Institut ausgeführt wird, sei hier dargelegt. Die Veröffentlichung erfolgt unter anderem auch, um dem gelegentlich erhobenen Vorwurf zu begegnen, unser Institut benütze eine «Geheimmethode». Dazu besteht weder ein Anlass noch ein Interesse; einzig die Herausgabe der Ergebnisse samt Namen wird Unbefugten gegenüber verweigert. Kontrolluntersuchungen mit Material von bekanntem Alkoholgehalt, welche periodisch wiederholt werden, bestätigen laufend die Richtigkeit der Methode und haben auch gezeigt, dass richtig angelerntes Personal vollkommen

zuverlässige Ergebnisse abliefert. Die von Seiten des Laien geäusserten Einwände gegen die Methode sind immer wieder die gleichen. Sie sind längst durchuntersucht und eindeutig widerlegt, sie machen uns kein Kopfzerbrechen.

Dass forensische Methoden periodisch überprüft werden sollen, steht ausser Diskussion. Solche Kontrolluntersuchungen müssen aber auch fachgemäss vorgenommen werden, sonst sind sie wertlos. Insbesondere können ganze Serien nur unter bestimmten Bedingungen so ausgeführt werden, dass sie zuverlässige Werte ergeben. Das hat sich mehrfach erwiesen, besonders wenn verschiedene Institute daran beteiligt waren. Schon das gleichmässige Mischen von Blut mit Alkohol ist nicht ganz einfach. Auch bei der Blutentnahme am Menschen muss genau darauf geachtet werden, dass wirklich gleiche Proben zur Untersuchung kommen, wenn sie von alkoholisierten Versuchspersonen stammen. Es können Differenzen entstehen, wenn die einzelnen Entnahmen zeitlich nicht zusammenfallen. Wenn das in der Resorptionsphase geschieht, wo der Alkoholgehalt rasch ansteigt, genügen schon kleinere Zeitunterschiede, um merkliche Abweichungen unter den einzelnen Proben zu bewirken. Nicht steril versandte Proben unterliegen verhältnismässig bald einer bakteriellen Einwirkung und verlieren dadurch an Alkohol, besonders wenn sie nachher nicht sofort untersucht werden, wie das bei solchen Proben schon mehrmals vorkam, indem sie als «blosser Versuch» gegenüber den laufenden Untersuchungen zurückgestellt wurden. Ähnliches gilt in bezug auf den fermentativen Abbau. Wenn man solche voneinander abweichende Werte veröffentlicht, ohne dass genau dargelegt wird, woher die Differenzen rühren, ist der Sache wenig gedient. Wenn genaue Angaben über das ganze Vorgehen und über die Analysenmethoden fehlen, sagen vergleichende Untersuchungen nicht viel aus, mögen sie nun Divergenzen oder Übereinstimmung zeigen. Andererseits werden, wie bei jeder analytischen Methode, Streuungen in den Ergebnissen auftreten, welche von den Fehlergrenzen der Methodik her rühren. Diese Versuchsfehler sind, vom allgemeinen analytischen Standpunkt aus gesehen, sogar ziemlich gross, weil es sich um eine Methode handelt, wo besonders kleine Substanzmengen erfasst werden müssen. Während bekanntlich die guten chemischen Analysen auf $\frac{1}{10}$ % des Gesamtwertes genau reproduzierbar sind, oder manchmal noch besser arbeiten, müssen wir uns hier mit einer Übereinstimmung von der Grössenordnung von etwa 5 % des Gesamtwertes begnügen, d.h. z.B. ein Alkoholgehalt von 0,8 % kann bei der Analyse ebenso gut als 0,8 % 0,85 oder 0,75 % ergeben (das ist der Gesamtfehler; er setzt sich zusammen aus mehreren Fehlerquellen, die einzeln kleiner sind, Näheres darüber siehe unten). Diese Genauigkeit ist jedoch ausreichend, indem die Werte vom Gerichtsarzt mit allen übrigen Umständen zusammen interpretiert werden. Übrigens ist die ganze Methodik so aufgebaut, dass nirgends ein zu hoher Wert vorgetäuscht werden könnte, sondern sämtliche Fehler wirken sich als Alkoholverluste aus. Mit Rücksicht auf diesen Punkt müsste obiges Beispiel also eigentlich lauten: statt 0,8 % wird eventuell 0,75 oder 0,7 % gefunden. Abweichungen der Ergebnisse vom richtigen Wert werden also stets nach unten auftreten und sich

damit wiederum höchstens entlastend, nicht aber belastend auswirken. Die chemisch wesentlichen Fragen sollen im folgenden diskutiert werden.

Die forensische Blutuntersuchung auf Alkohol stellt an die Person des Analytikers besondere und eigenartige Anforderungen. Aus naheliegenden Gründen wird auch in der Öffentlichkeit das Thema immer wieder diskutiert und gelegentlich von gewissen Interessengruppen versucht, Unsicherheit hineinzutragen. Neue Publikationen über andere Untersuchungsmethoden werfen rein chemische Probleme auf. Anfragen über Fehlerquellen, Einwände und andere Bedenken laufen regelmässig ein und treffen den Chemiker jeweilen überraschend, wenn sie telefonisch erfolgen.

Durch die enge Zusammenarbeit mit der Polizei und dem polizeiärztlichen Dienst gelangt der Chemiker zu mancher aufgeworfenen Frage, wie Einwände, die schon bei der Blutentnahme gemacht werden in bezug auf gleichzeitig eingenommene Medikamente, genossene Nahrung, Krankheiten usw. Diese Erfahrungen, neben der laufenden Verarbeitung einer grossen Zahl von Ergebnissen, liefern die Voraussetzung, um den Sachverhalt richtig und mit gutem Gewissen darstellen zu können.

Zur Untersuchung gelangen bei uns etwa 10 g Blut. An und für sich würde eine kleinere Menge zur Bestimmung noch ausreichen. Je weniger Material aber untersucht wird, umso stärker wirken sich gewisse Fehler auf das Resultat aus, indem sie im Verhältnis zur Gesamtmenge mehr ausmachen. 1 ‰ Alkohol entspricht einem Alkoholgehalt von 10 mg in 10 cm³ Blut. Es handelt sich also auf alle Fälle nur um eine winzige Substanzmenge. Nach natürlichem Empfinden ist es schliesslich auch in Anbetracht der Folgen, die der Analysenbefund nach sich zieht, nicht erwünscht, sie ohne besonderen Grund noch kleiner zu machen.

Die Bestimmung des Alkohols geschieht aus dem Brechungsindex (interferometrisch) und unabhängig davon durch Oxydation mit Chromsäure (titrimetrisch nach *Nicloux*). Auf die Übereinstimmung der beiden Ergebnisse fällt besonderes Gewicht, weil es sich um zwei wesensverschiedene Messvorgänge handelt. «Die Oxydation ist unabhängig vom Brechungsindex, und die Lichtgeschwindigkeit kümmert sich nicht um das chemische Reduktionsvermögen.» Ausserdem wird er qualitativ nachgewiesen durch Überführung in Benzoesäure-ester und in Jodoform. Für diese Untersuchungen muss er in reiner Form vorliegen, weshalb vorgängig eine Isolierung durch Destillation nötig ist.

Registrierung der Blutproben

Einer der beliebtesten Einwände ruht auf der Vermutung, es seien zwei Blutproben verwechselt worden. Es ist selbstverständlich, dass das eingehende Material samt den zugehörigen Schriftstücken nach einem starren System registriert und kontrolliert werden muss, welches eine Verwechslung automatisch ausschliesst. Sind die zugehörigen schriftlichen Unterlagen unvollständig, dann wird dem Einsender ein entsprechender Fragebogen zugestellt. Mit Rücksicht auf die

Möglichkeit einer Einwirkung von Bakterien, Pilzen usw. sowie der fermentativen Oxydation empfehlen wir den Ärzten, die Blutprobe steril zu entnehmen und per Express einzusenden. Aus den gleichen Gründen werden sie bei uns bis zur Ausführung der Analyse im Eisschrank aufbewahrt.

Destillation

Zur Isolierung des Alkohols dient die Destillation. Um zu verhindern, dass flüchtige Amine und Ammoniak verdampfen, wird die Blutprobe angesäuert. Für diesen Zweck kommt jede Säure in Betracht, welche nicht destilliert und nicht oxydierend auf den Alkohol wirkt. Wir verwenden Pikrinsäure, weil diese das störende Schäumen des Kolbeninhaltes vermindert. Sie destilliert nicht mit, sofern ihre Menge ungefähr dem vorhandenen Blut angemessen ist. Wahrscheinlich wird sie durch die Blutbestandteile soweit gebunden, dass sie ihre Flüchtigkeit verliert. Die Basen werden trotzdem zurückgehalten, die Lösung reagiert leicht kongosauer. Die Blutprobe wird samt dem Röhrchen gewogen, in einen 500 cm³ fassenden langhalsigen Rundkolben gegeben und das leere Röhrchen zurückgewogen. Dann folgt ein Zusatz der 6,5fachen Menge einer 0,85%igen wässerigen Pikrinsäurelösung.

Die quantitative Analyse erfasst Mengen von etwa 0,01 ‰. Das ist von der Grössenordnung von 1 ‰ der gesamten eventuell vorhandenen Alkoholmenge. Es genügt also, die Blutmenge auf etwa 0,05 g genau zu wägen, dann enthält das Ergebnis keine merklichen Wägefehler. Die Destillation kann sofort erfolgen, die Probe kann aber auch unbeschadet mit Kork verschlossen bis zum folgenden Tag im Eisschrank zurückbehalten werden. Versuche mit bekannten Alkoholzusätzen haben das bestätigt.

Die bei der Verdampfung im Siedegefass zurückbleibende Alkoholmenge sei x , Q das Anfangsvolumen, a die anfänglich darin enthaltene gesamte Alkoholmenge und v die überdestillierte Flüssigkeitsmenge.

$$\text{Dann gilt } \frac{x}{a} = \left(\frac{Q-v}{a} \right)^k \quad 1)$$

k ist der für die Verdampfung charakteristische Exponent, der für den Äthylalkohol den Wert 11 hat. Setzen wir $Q = a = 1$ und verlangen wir, dass 99 ‰ des Alkohols überdestillieren, dann wird $x = (Q - v)^k = (1 - v)^{11} = 0,01$

$$\frac{2}{11} = \log (1 - v)$$

$$v = 0,342$$

Es genügt also theoretisch, dass $\frac{1}{3}$ des Gesamtvolumens destilliert wird, um praktisch allen Alkohol zu erfassen. Wir halten uns an eine Menge von etwa $\frac{2}{5}$, dann ist die Trennung sicher beendet, denn diese Rechnung lässt ja jegliche Fraktionierung ausser Betracht. Tatsächlich ist aber eine solche vorhanden und

verschärft die Trennung. Versuche mit bekannten Alkoholzusätzen zeigten, dass bereits $\frac{1}{4}$ genügen würde.

Zur Destillation dient ein gerader, vertikaler Kühler mit einem luftgekühlten Rohr, das vom Siedekolben spiralig nach oben und dann in den Kühler führt (Fig. 1).

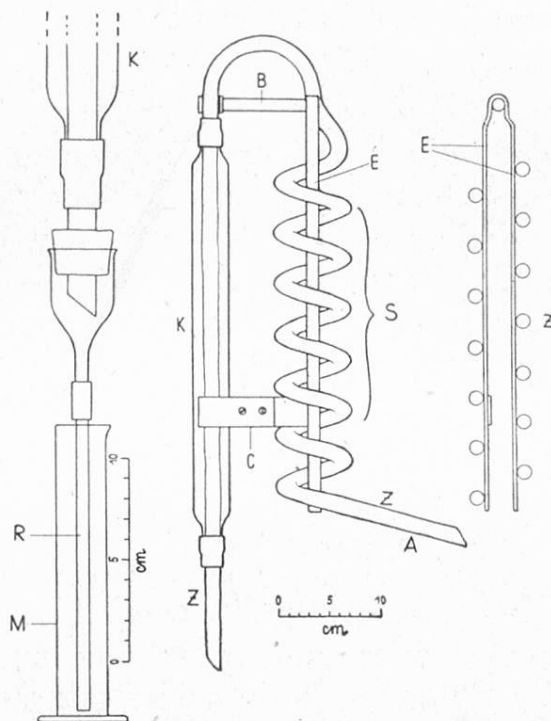


Fig. 1

Kühlersystem und Vorlage für die Alkoholdestillation

Z Zinnrohr. S Spirale desselben. E Messingstreifen, verlötet mit den einzelnen Windungen des Zinnrohres. B Messingstab, verlötet mit dem Messingträger E und am anderen Ende durch ein abgewinkeltes Messingstück verlötet mit Z. B dient zur Befestigung an der Stativklammer. C Messingstreifen, zweiteilig, mit E verlötet, dient als Klammer für K.

Der Siedekolben wird bei A mit einem Gummipfropfen angeschlossen, und seine Achse hat die Neigung des Rohres bei A. Er liegt auf einem Drahtnetz auf einem Dreibein mit Brenner. Die Spirale S bewirkt die oben erwähnte Fraktionierung. Unterhalb des Kühlers ist das Rohr durch ein Glasrohr R fortgesetzt, welches bis auf den Boden eines Messzylinders M reicht. Dadurch wird vermieden, dass Dampf entweichen kann, indem das Destillat ohne Berührung mit der Luft direkt in den Flüssigkeitsspiegel geführt wird.

Apparate sind in den Einzelheiten ihrer Konstruktion ständig Veränderungen unterworfen, die sich auf Grund der allmählich grösser werdenden Erfahrung ergeben. Gegenwärtig benutzen wir in unserem Institut folgende aus der Angabe *Rochat* entwickelte Konstruktion:

Der Kühler ist aus einem 2,3 m langen Zinnrohr Z von 10×14 mm Durchmesser hergestellt. Die Spirale hat 6—7 Windungen, 5 cm Steighöhe und 36 mm inneren Durchmesser. Auf der innern Seite der Spirale sind in Richtung der

Längsachse zwei Messingstreifen E (12×4 mm) angelötet, um den einzelnen Windungen Halt zu geben, denn bei der Destillation wird durch die Erwärmung das Zinn so weich, dass das Rohr sich schon während der ersten tausend Destillationen verbiegt. Nach jeder halben Windung folgt also eine Lötstelle. (Ich verwende die kleine Gebläseflamme, die zum Glasblasen dient, ohne LötKolben. Lötlegierung 50 % Zinn mit 50 % Blei, Flussmittel Zinkchloridlösung.)

Versuche haben ergeben, dass bei 100° kein Alkohol gebildet oder zerstört wird. Eine Vakuumdestillation bei tieferer Temperatur ist somit nicht notwendig. Sie ist im Gegenteil sogar unzweckmässig aus folgendem Grund: Wegen der Bildung von grossen Dampfblasen muss das Siedegefäss mindestens 750 cm^3 fassen. Dazu kommt das Volumen des Kühlersystems und der Vorlage, so dass der gesamte Dampfraum etwa 1 Liter beträgt. Bei der Verdampfungszahl $k = 11$ wird eine Lösung mit 1 ‰ Alkohol einen Wasserdampf mit 1 ‰ Alkohol ergeben. Beträgt der Dampfdruck des Destillates nach der Kondensation 10 mm, so ist das 1 mm Partialdruck für den Alkohol. 1 Liter Alkoholdampf enthält 0,5 g Alkohol bei Normaldruck und 0,65 mg bei 1 mm Druck. Das sind 0,07 ‰ von einer Blutprobe von 10 g. Diese rohe Schätzung zeigt, dass bei der Vakuumdestillation eventuell Verluste zu erwarten sind. Parallel ausgeführte Versuche haben tatsächlich bei Verwendung der Vakuumdestillation Werte ergeben, die bis um 0,1 ‰ niedriger sind als bei Destillation unter normalem Druck. Im letzteren Fall liegen zwar prinzipiell anfänglich die gleichen Verhältnisse vor, aber der nachströmende Wasserdampf spült den zurückgebliebenen Alkoholdampf sekundär aus dem Apparat heraus und führt ihn in das Destillat, welches weit unter seinem Siedepunkt steht, im Gegensatz zum Zustand unter Vakuum.

Nach beendeter Destillation wird die Destillatmenge abgelesen, die Flüssigkeit gut durchgemischt und zuerst ihr Brechungsindex gemessen. Nachher folgt die Titration, und ein Rest, der zurückbleibt, dient für die qualitativen Proben zum Nachweis von Alkohol und zur Prüfung auf störende Fremdsubstanzen, insbesondere reduzierende Stoffe.

Bestimmung des Brechungsindex

Zur Bestimmung des Brechungsindex benützen wir das Interferometer von *Arago* und *Löwe*. Zwei Lichtstrahlen werden durch zwei Tröge geleitet und nachher zur Interferenz gebracht. Ein kleiner Unterschied im Brechungsindex der in den Trögen enthaltenen Flüssigkeiten bewirkt eine Verschiebung der Auslöschungen, die gemessen wird. Daraus ergibt sich der Unterschied der Brechungsindizes. Es ist also keine absolute Messung, sondern ein Vergleich des Destillates mit reinem Wasser, das in den anderen der beiden Tröge eingefüllt wird. Für die Bestimmung genügt es, denn der fragliche Alkohol ist ja ebenfalls mit reinem Wasser, das mit ihm überdestilliert ist, vermischt. Die Eichung erfolgt empirisch durch Messen von Lösungen mit bekanntem Alkoholgehalt.

20 Trommelteile ergeben eine Verschiebung um die Breite eines Interferenzstreifens. Ein Teil ist also $\frac{1}{20}$ der Wellenlänge. Die Länge der Flüssigkeitströge beträgt etwa 4 cm, so dass bei einer Lichtwellenlänge von beispielsweise 5000 Å 8000 Wellenlängen darauf entfallen. Ein Trommelteil am Instrument ist also der $1,6 \times 10^6$ te Teil der gesamten Länge. Das sind etwa 6 Einheiten in der 7. Dezimale.

1 ‰ Alkohol erhöht den Brechungsindex vom Wasser um etwa 6,5 Einheiten in der 5. Dezimale. Das macht für einen Trommelteil 0,009 ‰ Alkohol. Die Ablesung ist also beinahe auf $\frac{1}{100}$ ‰ möglich, d.h. die Genauigkeit ist weit mehr als ausreichend, auch wenn bei der routinemässigen Untersuchung mit gelegentlichen Ablesefehlern von 1—2 Trommelteilen gerechnet werden muss.

Diese Überlegungen haben nur die Bedeutung von Überschlagsrechnungen, denn bei der Verwendung von weissem Licht hängen die genauen Werte von der Art der Lichtquelle ab. Deshalb wird anhand von Lösungen von bekannter Konzentration unmittelbar eine Tabelle angelegt, die die zugehörigen Promillezahlen aufführt. Dass eine solche Eichung durch Vergleichslösungen die unmittelbare Beziehung der Ablesungswerte mit der Alkoholkonzentration ergibt, hat übrigens bei Diskussionen über die Methode mit Laien und besonders auch rechtlich gesehen immer wieder seine Bedeutung als überzeugendes Argument.

Die Temperatur, bei der interferometrisch gemessen wird, spielt keine Rolle. Versuche bei Raumtemperaturen von 13 bis 30° mit bekannten Alkohollösungen ergaben fast durchwegs keine Unterschiede, lediglich bei hohen Alkoholkonzentrationen von etwa 1,5 ‰ waren bei 13° im Vergleich zur Messung bei 30° kleine Abweichungen von einigen Prozenten des Gesamtwertes zu beobachten. Alle übrigen Resultate stimmten innerhalb der Ablesefehlergrenzen vollkommen miteinander überein. Die Arbeitstemperatur ist also praktisch bei der Interferometrie ohne Belang.

Dagegen ist es wesentlich, dass das Instrument, das Vergleichswasser und das Destillat genau die gleiche Temperatur aufweisen. Schon kleine Temperaturdifferenzen führen zu Unschärfen in den Interferenzstreifen. Sind die Temperaturdifferenzen etwas grösser, so ist eine Ablesung überhaupt nicht mehr möglich; eventuell sind Interferenzstreifen gar nicht mehr sichtbar.

Das Gefäss muss während der Messung stets zugedeckt sein, weil sonst durch Verdunstung auf der Oberfläche Wärmeverluste eintreten, die lokale Temperaturerniedrigungen zur Folge haben. Diese reichen aus, um die Interferenzstreifen unscharf, verwischt und schiefstehend zu gestalten, so dass eine Ablesung ebenfalls nicht mehr möglich ist.

Nach der Formel von *Pulfrich* besteht zwischen den Brechungsindizes der beiden Flüssigkeiten und ihrem relativen Mischungsverhältnis Linearität. Dieses Gesetz ist selbstverständlich nur eine Annäherung, in den hier wesentlichen Konzentrationsbereichen ist die Linearität jedoch fast vollkommen. Versuche mit verschiedenen Verdünnungen haben das bestätigt. Es ist somit ausreichend, nur

einige wenige bekannte Alkoholproben zu messen und dann die übrigen Werte zu interpolieren.

Titration

Je 5 cm³ des Destillates werden in 3 Stehkölbchen von 50 cm³ Inhalt einpipettiert. Dann wird 1 Tropfen Kaliumbichromatlösung aus der Mikrobürette (Büretteninhalt 1 cm³, Einteilung in $\frac{1}{100}$ cm³) und 5 cm³ konzentrierte Schwefelsäure aus einer gewöhnlichen Bürette zugefügt, mit einer Holzklammer am Kolbenhals gefasst und über freier Flamme bis zum beginnenden Sieden erhitzt. Die Titration (*Nicloux*) erfolgt annähernd bei Siedetemperatur, die etwa 140° beträgt. Ist kein Alkohol vorhanden, dann bleibt die leicht gelbstichige Farbe (herrührend vom ersten Tropfen Bichromat) bestehen. Schlägt die Farbe um, dann setzt man weiter tropfenweise Bichromatlösung aus der Mikrobürette zu, bis die blaugrüne Farbe in gelbgrün umschlägt. Das zweite Kölbchen wird genau gleich behandelt, jedoch das Bichromat so vorsichtig zugesetzt, dass der Umschlagspunkt nur knapp erreicht wird. Die Ablesung der ersten Titration ist dabei begleitend. Der Umschlagspunkt ist somit zwischen zwei Resultate gefasst, von denen das erste eher zu hoch, das zweite eher zu niedrig ist. Sie sollen nahe beieinander liegen; in der Praxis fallen sie oft sogar genau zusammen. Nötigenfalls kann noch das dritte Kölbchen titriert werden. Die völlig reduzierte Chromlösung ist blautichig grün. Ein Tropfen überschüssiges Bichromat färbt sie bereits deutlich gelbstichig.

Die zur Titration verwendete Kaliumbichromatlösung besteht aus einer wässrigen Lösung von 16,97 g pro Liter Lösung. Dieser Wert ist eine empirisch festgestellte Menge, 1 cm³ davon entspricht genau 1 Gewichtspermille Alkohol in 5 cm³ Destillat. Die Bichromatlösung hat ein Lichtabsorptionsmaximum bei 3500 Å, während die Chromsalzlösung in diesem Bereich wenig absorbiert. Umgekehrt absorbiert letztere, wenn auch schwächer, im Bereich von 5000 bis 7000 Å, mit dem Maximum bei etwa 6000 Å. Im mittleren Gebiet zwischen 4000 und 5000 absorbieren beide Lösungen, so dass der Farbumschlag am besten bei Tageslicht beobachtet wird. Durch das Auftreten der gelben Lösung entsteht eine Änderung im Farbton. Selektive Lichtquellen oder farbige Filter haben keinen grossen Wert, weil das kritische Gebiet bei den schlecht sichtbaren kurzen Wellen liegt. Voraussetzung für eine sichere Titration ist Farbtüchtigkeit der Augen. Im Umschlagsgebiet sind Zusätze von Bruchteilen eines Tropfens Bichromatlösung deutlich erkennbar. Bei hohen Werten ist dieser Umschlag nicht mehr klar sichtbar. Es ist dann nötig, das Destillat vorher entsprechend zu verdünnen, so dass immer im günstigsten Bereich gearbeitet wird.

Die Oxydationsprodukte sind gegenüber der überschüssigen Chromsäure ziemlich widerstandsfähig, so dass ein Nachreduzieren nur ganz allmählich stattfindet und vom ersten Umschlag mit Leichtigkeit zu unterscheiden ist. Grössere Versuchsreihen haben immer wieder ergeben, dass bei dieser Operation

praktisch kein Alkohol durch Verdampfung verloren geht, wenn nur bis knapp zur Siedegrenze erhitzt und dann sofort titriert wird.

Ein Tropfen aus der Mikrobürette misst etwa $0,04 \text{ cm}^3$ und bedeutet $0,04 \text{ ‰}$ Alkohol. Wenn der Endpunkt auf Bruchteile von Tropfen genau bestimmt wird, so ist eine Erfassung der $\frac{1}{10} \text{ ‰}$ also auf alle Fälle sichergestellt. Immerhin reicht die Genauigkeit dieser Oxydationsmethode nicht ganz an die interferometrische Bestimmung heran. Minimale Differenzen zwischen beiden Werten werden also schon daraus resultieren können. Die übrigen Fehler, welche etwa durch Fremdsubstanz oder Beobachtungsfehler zustande kommen, sind in der gleichen Grössenordnung. 1568 aufeinanderfolgende Untersuchungen von frischem Blut mit maximal 1 ‰ Alkohol zeigten in 67 ‰ der Fälle eine Differenz zwischen der chemischen und interferometrischen Bestimmung von höchstens $0,01 \text{ ‰}$. Grössere Differenzen bis $0,02 \text{ ‰}$ fanden wir in 27 ‰ der Fälle und eine Differenz von nicht über $0,03 \text{ ‰}$ bei den letzten 6 ‰ . Unter diesen über 1500 Fällen war kein einziger mit einer Differenz von mehr als $0,03 \text{ ‰}$. Bei der Interpretation stellen wir jeweilen auf den niedrigeren der beiden Werte ab, damit sich die Differenz zu Gunsten des Exploranden auswirkt. Wenn aus speziellen Gründen faules Material oder sonst nicht einwandfreie Proben untersucht werden mussten (z.B. für wissenschaftliche Zwecke), entstanden allerdings gelegentlich Differenzen, die das Doppelte der oben genannten betragen. Die Destillate von Urin, Gehirn und andern Organen verhalten sich im allgemeinen ähnlich.

Durch die Destillation wird der Alkohol von allen andern Bestandteilen getrennt. Immerhin können gelegentlich noch andere flüchtige Stoffe in Frage kommen, deren Verhalten im folgenden noch einzeln erwähnt sei.

Fremdsubstanzen

Äther

Äther hat eine grosse Verdampfungszahl und wird daher rasch vollständig überdestillieren, wegen seiner hohen Flüchtigkeit allerdings teilweise auch verloren gehen. Bei den qualitativen Proben tritt jene nach *Tollens* eventuell positiv ein. Die Jodoformprobe und die Esterprobe lassen sich schlecht ausführen, weil der charakteristische Geruch durch den des Äthers überdeckt wird. Dadurch wird Äther ohnehin als solcher bereits erkannt. Schon die Blutproben selbst riechen nach Äther. Die Analyse einer Lösung von 1 ‰ Äther ergab bei der Titration einen Wert von $1,7 \text{ ‰}$ Alkohol und interferometrisch einen solchen von $1,8 \text{ ‰}$. Die beiden Zahlen werden also übereinstimmen und dadurch nicht auf einen Fehler hinweisen. Andererseits folgt aus obigem, dass eine Ätherkonzentration von $0,5 \text{ ‰}$ noch praktisch vollständig belanglose Werte ergeben würde. Eine solche Ätherkonzentration entspricht aber mindestens einer tiefen Narkose, so dass durch die medizinische Beurteilung der Resultate ein Irrtum ausgeschlossen wird, umsomehr als eine solche Blutprobe sehr stark nach Äther riechen würde. Mit andern Worten: Ätherkonzentrationen, welche die Analyse stören könnten,

kommen nicht vor. Versuche mit ätherhaltigem Blut haben das bestätigt. Wir fanden an Blutproben, die bei tiefen Äthernarkosen entnommen wurden, chemisch und interferometrisch übereinstimmende Werte von maximal 0,03 ‰, als Alkohol berechnet. Übrigens wäre uns ja eine eventuell vorgenommene Narkose aus der Beantwortung des früher erwähnten Fragebogens bekannt.

Aceton

Mit dem Auftreten von Aceton ist in pathologischen Fällen zu rechnen, wobei daneben noch andere reduzierende sog. Acetonkörper vorhanden sein können.

Eine Lösung von 1 ‰ Aceton ergibt interferometrisch einen Wert wie etwa eine Lösung von 2 ‰ Alkohol. Bei der Titration erhält man knapp 0,1 ‰, als Alkohol gerechnet. Eine Acetonmenge, die durch die Titration als Spuren erfasst wird, bewirkt also interferometrisch bereits enorm hohe Werte, so dass eine Diskrepanz der beiden Ergebnisse schon bei Acetonmengen eintritt, welche noch keine messbaren Alkoholmengen vortäuschen können. Grössere Acetonkonzentrationen werden überdies durch die *Legal'sche* Probe und die schon in der Kälte positiv ausfallende Jodoformprobe erkannt.

Ammoniak

Destillationsversuche mit Ammoniaklösungen ergaben folgendes: Ammoniak wird von der Pikrinsäure zur Hauptsache zurückgehalten. Nur bei Gegenwart von grossen Mengen kann es in Spuren im Destillat auftreten. Seine Gegenwart wird durch die *Nessler'sche* Probe erkannt, ihre Empfindlichkeit ist weit mehr als ausreichend. Die Veränderung der Brechung ist durch Ammoniak nicht so gross wie durch Alkohol. Bei der Titration wird Ammoniak dagegen nicht erfasst, so dass störende Mengen eine Differenz beider Werte nach sich ziehen würden.

Amine

Verschiedene Amine wurden auf ihr Verhalten den qualitativen Proben gegenüber sowie auf ihren Einfluss bei der Titration und der interferometrischen Bestimmung untersucht, nachdem sie in üblicher Weise mit Pikrinsäurezusatz destilliert waren. Sie werden durch die Pikrinsäure fast vollständig zurückgehalten. Geprüft wurde Triamylamin, Propylamin, Methylamin, Trimethylamin. Die Esterprobe und die Jodoformprobe fallen negativ aus. Ein Alkoholgehalt wird durch ihre Gegenwart also nicht vorgetäuscht. Von den Proben auf Fremdstoffen fällt jene mit *Nesslers* Reagens positiv aus; es entstehen weisse Trübungen oder Fällungen, und zwar schon bei kleinen Konzentrationen, welche interferometrisch noch nicht erfassbar sind. Werden Lösungen von Aminen in hohen Konzentrationen, wie 5—10 ‰, destilliert, so erhält man mit dem Destillat gewisse interferometrische Werte, welche einige Zehntelpromille Alkohol bedeuten würden, gleichzeitig aber ist der Titrationswert vollständig negativ und die *Nessler'sche* Probe stark positiv, so dass keine Irrtümer möglich sind. Übrigens werden so hohe Aminkonzentrationen in der Praxis nicht vorkommen, sie wären höchstens in stark faulem Material denkbar, wo eine Alkoholbestimmung ohnehin keinen Sinn mehr hat.

Formaldehyd

Formaldehyd ergibt bei der Titration und interferometrisch übereinstimmende Werte. Durch eine Differenz der Resultate ist seine Gegenwart nicht erkennbar, die Jodoformprobe und die Esterprobe auf Alkohol fallen jedoch negativ aus. Die Proben auf Fremdsubstanzen, also die *Nessler'sche* und die *Tollens'sche* Probe sprechen von 0,2 ‰ Formaldehyd an aufwärts deutlich an. Die Gegenwart von Formaldehyd kann somit keinen Alkohol vortäuschen; ein gleichzeitiger Alkoholgehalt ist jedoch nicht mehr bestimmbar. Formaldehyd wird in messbaren Mengen in Blutproben nicht auftreten; die Sachlage musste aber trotzdem erörtert werden, weil gelegentlich Sektionsmaterial mit Formaldehyd verunreinigt oder gar in diesen eingelegt und nachträglich die Frage nach der Möglichkeit einer Alkoholbestimmung aufgeworfen wird. In solchen Fällen ist sie nicht mehr durchführbar. Über diese Verhältnisse orientiert bereits die Beantwortung des früher erwähnten Fragebogens.

Methylalkohol

Methylalkohol verändert den Brechungsindex weniger als Äthylalkohol, dagegen ist sein Verbrauch an Oxydationsmittel grösser als bei letzterem, so dass zwischen chemischer und interferometrischer Bestimmung grosse Unterschiede auftreten. *Figur 2* stellt folgenden Versuch dar:

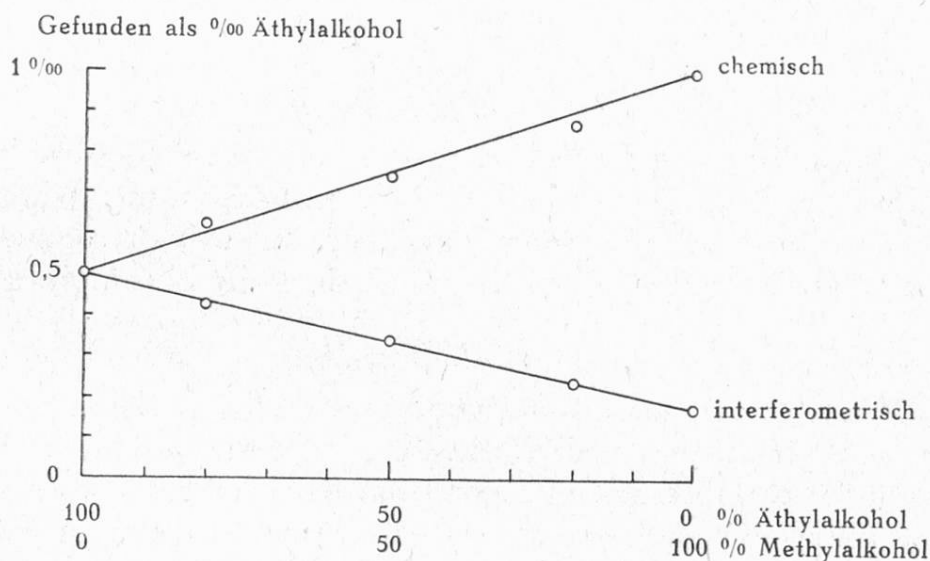


Fig. 2

Destillation von Gemischen von Methylalkohol mit Äthylalkohol. Gesamtalkoholgehalt entsprechend 0,5 ‰. Analysenwerte ausgerechnet, wie wenn es sich um reinen Äthylalkohol gehandelt hätte. Obere Kurve: Titrationsergebnis. Untere Kurve: interferometrischer Wert. Die bei den chemischen Werten etwas grössere Streuung rührt teilweise davon her, dass Methylalkohol sich schlechter titrieren lässt als Äthylalkohol.

Es wurden die beiden Alkohole in verschiedenen Verhältnissen gemischt, mit der Mischung eine 0,5‰ige Lösung hergestellt und diese analysiert, wie wenn es sich um die Alkoholbestimmung handeln würde. Je grösser der Methylalkohol-

anteil war, umsomehr wichen die beiden Werte voneinander ab. 0,1 ‰ Methylalkohol, im Diagramm also 20 Teile Methyl- und 80 Teile Äthylalkohol, bewirken bereits eine Differenz der beiden Werte von 0,17 ‰. Die gleiche Differenz tritt natürlich auch ein bei nur 10 ‰ Methylalkohol, wenn der Gesamtalkoholgehalt 1 ‰ statt 0,5 betrug.

Die Differenz zwischen beiden Werten wird erst dann auffällig klein, wenn der Anteil an Methylalkohol beträchtlich weniger als $\frac{1}{10}$ beträgt, oder wenn die gesamte Alkoholmenge überhaupt nur niedrig ist. Auch wenn wir die Giftigkeit des Methylalkohols von der Grössenordnung 10mal stärker einsetzen als jene von Äthylalkohol, wird also trotzdem eine toxikologisch, für eine akute Wirkung bedeutsame Menge sicher eine auffallende Differenz zwischen beiden Werten ergeben und sich dadurch bemerkbar machen.

Organische Lösungsmittel

Organische Lösungsmittel können bei beruflicher Tätigkeit aufgenommen werden und spielen dann die Rolle eines Gewerbegiftes. Hier gilt ähnliches wie bei Äther: Ihre Giftigkeit ist soviel grösser als diejenige des Alkohols, dass eine Menge, welche sich analytisch störend bemerkbar machen könnte, bereits so schwere toxische Zustände verursacht, dass hier keine Schwierigkeit besteht.

Ähnliches gilt für Benzin als Motortreibstoff, das zudem durch die Titration mit Bichromat praktisch gar nicht erfasst würde.

Kohlenoxyd

Eine Aufnahme von Kohlenoxyd, z.B. aus Auspuffgasen, kann klinisch ein rauschähnliches Bild ergeben und zu Verwechslungen mit Alkoholrausch führen. Auch hier ist die Analyse absolut brauchbar, indem Kohlenoxyd schon durch die Destillation abgetrennt wird. Übrigens würde es die Chromsäure nicht reduzieren.

Medikamente

Medikamente kommen als störende Stoffe wohl nicht in Frage, denn sie sind meistens nicht flüchtig, ausser Chloralhydrat, und werden durch die Destillation abgetrennt (auch Glukose). Übrigens werden Medikamente nicht glasweise getrunken; die Dosis ist ganz wesentlich kleiner als die in Frage kommenden Alkoholmengen, so dass sie das Ergebnis schon deshalb nicht beeinträchtigen könnten.

Chloralhydrat

Chloralhydrat hat eine Verdampfungsziffer von ungefähr 1. Bei der Destillation wird also ein Teil von vorhandenem Chloralhydrat mit überdestillieren, und die Frage muss daher erörtert werden, ob dadurch Irrtümer entstehen könnten. Bei den qualitativen Proben wird durch Chloralhydrat die Silberlösung stark reduziert. Schon eine Konzentration von 0,1 ‰ ist dadurch deutlich erkennbar. Auch *Nesslers* Reagens spricht an. Die Esterprobe verläuft negativ, die Jodoformprobe jedoch stark positiv.

Eine Chlorhydratlösung von 0,3 ‰ Stärke ergibt bei der Titration einen Wert, der etwa 0,02 ‰ Alkohol entsprechen würde. Dieselbe Lösung ergäbe im Interferometer einen Wert von 0,9 ‰ Alkohol. Schon eine sehr kleine Choralhydratmenge würde also den interferometrischen Wert in auffallender Weise erhöhen gegenüber dem chemischen. Eine Vortäuschung von Alkohol ist darum nicht zu befürchten. Übrigens ist eine Chloralhydratkonzentration von 0,3 ‰, die also interferometrisch etwa 1 ‰ Alkohol vortäuschen könnte, in ihrer Wirkung sicher zu unterscheiden von letzterem, so dass auch bei der nachträglichen medizinischen Auswertung allein schon ein Irrtum ausgeschlossen werden kann. Analoge Überlegungen gelten für den heute kaum mehr als Arzneimittel verwendeten Paraldehyd und für Metaldehyd.

Desinfektionsmittel

In der Praxis musste wiederholt darüber entschieden werden, ob durch Verwendung von alkoholhaltigen Desinfektionsmitteln bei der Blutentnahme nicht ein Fehler entstehen könnte in dem Sinne, dass von diesem Alkohol in die Blutprobe hineingelangt und dann einen höhern Wert ergibt. Dazu lässt sich zunächst theoretisch folgendes überlegen:

Gehen wir von einer Blutmenge von 8 g aus, dann bewirkt 1 mm³ reiner Alkohol, der 0,8 mg wiegt, auf diesen Alkohol bezogen eine Erhöhung seines Gehaltes um $\frac{1}{10}$ ‰. Wenn also bei der Blutentnahme 1 mm³ Alkohol, und zwar sozusagen 100‰iger Alkohol, in die Blutprobe hineingelangt, so wird dadurch das Resultat um den praktisch sehr kleinen Betrag von 0,1 ‰ erhöht. Der Innendurchmesser einer Punktionsnadel beträgt etwa 0,5 mm, d.h. es hätte ein Alkoholtropfen eindringen müssen, der ganz erheblich grösser war als die Nadelöffnung. So etwas wird einem einigermaßen aufmerksamen Arzt bei der Blutentnahme ohne weiteres auffallen. Ein Alkoholtropfen, der grösser ist als die Nadelöffnung, sollte nicht übersehen werden; aber wie gesagt, auch dieser bewirkt erst 0,1 ‰ Differenz.

Versuche auf der Haut zeigten, dass eine einfache Befeuchtung mit Alkohol noch bei weitem nicht ausreicht, um ein Eindringen von solchen oder auch noch wesentlich kleineren Alkoholmengen zu verursachen. Damit etwas von der Oberfläche in das Innere der Nadel eindringen kann, ist es schon notwendig, dass die Haut so stark mit Alkohol bestrichen wird, dass dieser auf der Oberfläche als Schicht sich bewegen, fließen kann, so dass beim Eindrücken der Nadelspitze etwas Alkohol in die entstandene kleine Grube nachströmt. Mit andern Worten: Es wäre also eine intensive Benetzung der Haut mit Alkohol erforderlich, damit Fehler von der Grössenordnung von 0,1 ‰ auftreten könnten. Übrigens enthält unser Fragebogen Vorschriften über die Blutentnahme, und aus seiner Beantwortung ist ersichtlich, ob diese eingehalten wurden.

Wir haben Versuche angestellt, indem Hautstellen mit Alkohol oder mit alkoholhaltigen Desinfektionsmitteln reichlich bestrichen wurden. Direkt nach der Bestreichung mit Alkohol wurde in die Vene gestochen, ohne irgend ein Ein-

trocknen abzuwarten. Die Analysen ergaben einen Alkoholgehalt von 0,08 ‰ im höchsten Falle, in den übrigen Proben war der Gehalt noch geringer bis unnachweisbar. Wenn also das zur Hautdesinfektion verwendete Mittel alkoholhaltig war, so entstehen dadurch keine nachweisbaren Fehler, wenn dieses Mittel, beispielsweise Alkohol, Jodtinktur, alkoholhaltige Bradosoltinktur u.ä. auch nur einigermaßen trocknen konnte, bevor die Punktion erfolgte.

Auch andere Desinfektionsmittel, die bei der Venenpunktion verwendet werden, bilden eine Möglichkeit, dass Fehler entstehen. Wässrige Desogenlösung mit oder ohne Alkalinitrit ist ohne Einfluss. Proben dieser Lösungen ergaben nach der Destillation weder chemisch noch interferometrisch einen messbaren Wert, und die Analyse von alkoholhaltigen Blutproben ergab genau den gleichen Alkoholwert, unabhängig davon, ob wässrige Desogenlösung vorher im Blut direkt zugesetzt worden war oder nicht. Jodtinktur verhält sich wie Alkohol; es gilt somit das oben Gesagte.

Qualitative Proben

Rechtlich von besonderer Bedeutung ist, dass der Alkohol mit charakteristischen Reaktionen auch noch direkt als Alkohol identifiziert werde. Dazu dient die Überführung in Benzoessäureester und in Jodoform. Beides sind Geruchspuben, so dass die Erfassungsgrenzen von der Empfindlichkeit des Geruchsorganes des Untersuchers abhängig sind. Vergleichende Versuche haben gezeigt, dass bei beiden Proben die Riechgrenzen bei etwa 0,1—0,2 ‰ Alkohol liegen.

Die beiden positiven Alkoholreaktionen sind die folgenden:

1. *Benzoessäure-Esterprobe.* Zu 1 cm³ Destillat werden einige Tropfen Benzoylchlorid gesetzt, durchgeschüttelt, ein Körnchen Kaliumhydroxyd zugesetzt, stark durchgeschüttelt und leicht erwärmt, bis der Geruch des Benzoylchlorides verschwunden ist. Bei Gegenwart von Alkohol tritt dann der Geruch des Benzoessäureesters deutlich hervor. Zu starkes oder zu langes Erhitzen ist zu vermeiden, sonst wird der Ester wieder verseift.
2. *Jodoformprobe nach Lieben.* 1 cm³ Destillat wird mit vier Tropfen Lugol'scher Jodlösung und vier Tropfen konzentrierter Kalilauge versetzt. In der Kälte soll kein Jodoformgeruch auftreten, sonst deutet das auf die Gegenwart von Acetonkörpern. Dann wird erwärmt. Bei Gegenwart von Alkohol tritt jetzt ein Jodoformgeruch auf.

Ausser diesen beiden Reaktionen, welche den Alkohol nachweisen, dienen noch drei weitere qualitative Proben als Prüfung auf eventuell vorhandene störende Stoffe, insbesondere auf reduzierende Verbindungen (Acetonkörper).

1. *Nessler'sche Probe auf Ammoniak und Homologe sowie Aldehyde.* 1 cm³ des Destillates wird mit 1 cm³ Nessler's Reagens versetzt. Gelbfärbung, Braunfärbung oder ein Niederschlag deutet auf die Gegenwart von störenden Substanzen. Über Einzelheiten siehe bei den einzelnen Stoffen.

2. *Tollens Reaktion auf reduzierende Stoffe.* 1 cm³ des Destillates wird mit ammoniakalischer Silberlösung versetzt. Eine Dunkelfärbung oder ein Niederschlag weist auf die Gegenwart von reduzierenden Stoffen. Einzelheiten siehe unter den einzelnen störenden Stoffen.
3. *Probe auf Acetonkörper nach Legal.* 1 cm³ des Destillates wird mit 1 cm³ Nitroprussidnatrium und einigen Tropfen Eisessig versetzt. Dann wird mit Ammoniaklösung überschichtet. Die Reaktion fällt positiv aus, wenn an der Berührungszone der beiden Schichten ein braunroter Ring auftritt.

Allgemeines über die Resultate

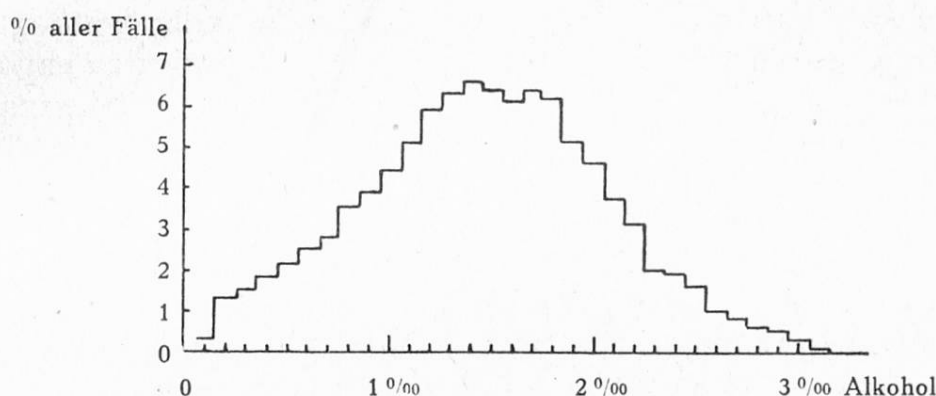


Fig. 3

Figur 3 ist die statistische Darstellung von 4735 aufeinanderfolgend herausgegriffenen Analysenwerten. Es sind alles Untersuchungen der letzten drei Jahre, bei denen das Resultat nicht völlig negativ war. Die Abszisse bedeutet den Promillegehalt der Blutprobe, und die Ordinate ist die Häufigkeit des Auftretens des Abszissenwertes, ausgedrückt in Prozenten der Gesamtzahl der verarbeiteten Untersuchungen. Die totale Fläche zwischen Kurve und Abszisse ist somit 100 %. Sämtliche Fälle, welche weniger als 0,1 ‰ voneinander abweichen, sind zusammengefasst. Deshalb ist die Linie treppenförmig. Die Stufen sind unregelmässig. Das ist natürlich ein statistischer Effekt, indem die Zahl der Untersuchungen knapp ist. Eine entsprechende Verarbeitung der Ergebnisse einzelner Jahre für sich führt zu noch grösseren Schwankungen. Immerhin ist auch dort schon der Gesamtcharakter der gleiche: Die Kurve steigt nach dem Nullpunkt kräftig an und erreicht die grössten Häufigkeiten zwischen 1 und 2 ‰, um dann wieder ungefähr symmetrisch abzufallen.

Zwischen 1,2 und 1,8 ‰ verläuft die Linie ziemlich flach; diese Werte sind ohne wesentliche Unterschiede am häufigsten. Grössere Werte sind wieder seltener, teilweise weil nicht soviel getrunken wurde, teilweise sicher aber auch darum, weil Personen mit so hohem Alkoholspiegel gar nicht mehr zur Begutachtung kommen, indem sie in diesem Zustand nicht mehr fähig sind, ihre Maschine zum Gehen zu bringen.

Alle dargestellten Fälle sind ihrer Natur nach solche, bei denen zur Zeit des kritischen Ereignisses offenbar das Bedürfnis bestand, den Alkoholgehalt objektiv festzustellen, und das Gesamtergebnis zeigt, dass dieses Begehren begründet war. Auch Personen bei Werten unter 1 ‰ sind doch bereits irgendwie aufgefallen, sonst wäre die Untersuchung nicht verlangt worden, und zwar sind sie nicht dem fachkundigen Arzt, sondern den Laien aufgefallen; der Arzt wird ja erst im Anschluss daran beigezogen. Die Statistik zeigt, dass das schon eine ganz beträchtliche Anzahl darstellt, nach Figur 3 sind es etwa ein Viertel aller Fälle.

Zu den 4735 Fällen gehören ausserdem weitere 924, das sind fast 20 ‰, bei denen das Ergebnis vollkommen negativ war. Es waren das in der Regel Fälle, bei denen durch die Analyse die Nüchternheit des Exploranden bestätigt werden sollte. Diese Werte wurden also ermittelt, um den Exploranden zu entlasten, sei es wegen verdächtigen Verhaltens oder auch wegen belastenden Zeugenaussagen.

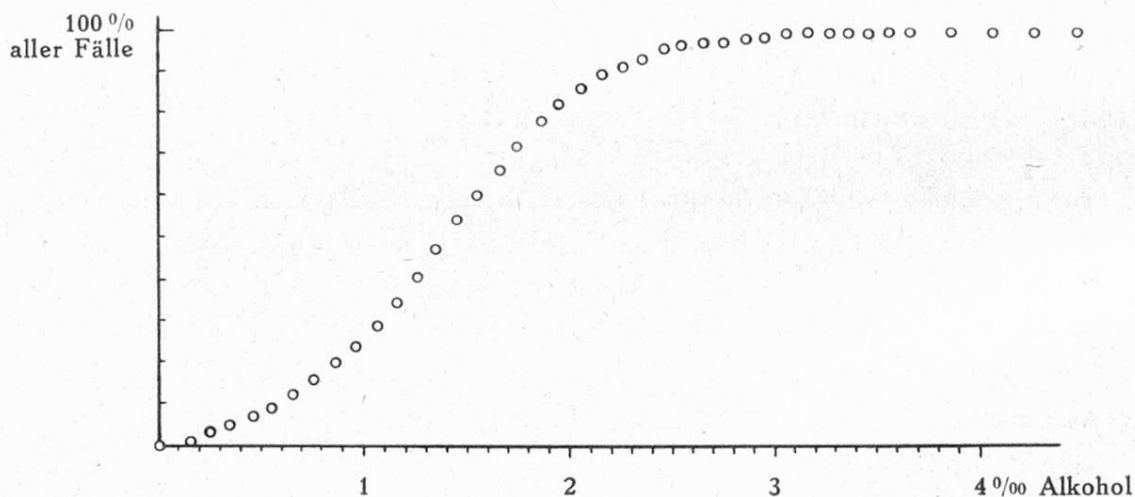


Fig. 4

Material von Figur 3. Die Abszisse gibt an, bis zu welchem Promillegehalt die Fälle gezählt werden. Die Ordinate gibt an, wieviel Prozent aller Fälle einen Alkoholgehalt dem Abszissenwert entsprechend oder weniger aufwiesen.

In *Figur 4* sind die Werte von *Figur 3* summiert worden. Die Ordinate gibt an, wieviel Prozent aller Fälle einen Alkoholgehalt von 0 bis zum Abszissenwert aufweisen. Auch hier ist deutlich ersichtlich, wie die Untersuchungen bei niedrigen Werten wenig häufig verlangt werden. Erst bei Werten von etwa 0,5 ‰ an steigt die Kurve immer rascher. Alkoholgehalte von 0,5 ‰ und mehr geben also in der Praxis in erhöhtem Mass Anlass zur Untersuchung, was schon für sich allein den Schluss nahelegt, dass bei solchen Konzentrationen sichtbare Wirkungen vorhanden gewesen sein müssen. Noch klarer zeigt sich das in der folgenden Zusammenstellung:

Einer unserer Institutsärzte pflegte in letzter Zeit auf Grund seiner klinischen Beobachtungen bei der Blutentnahme den Alkoholgehalt zu schätzen und schrift-

lich niederzulegen. Die nachträglich ausgeführte Analyse ermöglicht dann den Vergleich mit dieser Mutmassung.

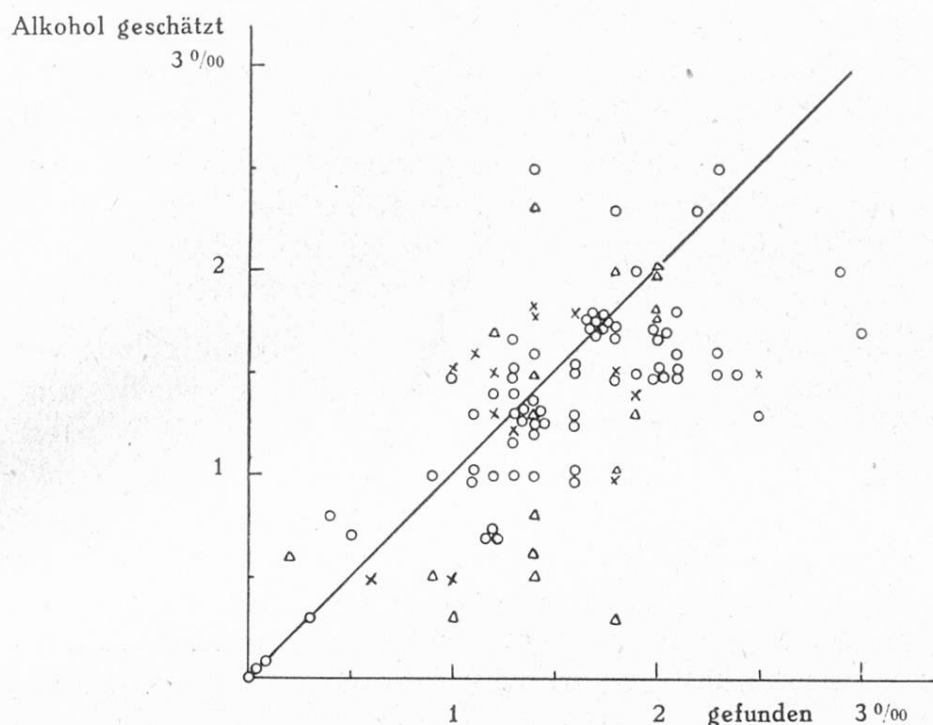


Fig. 5

Abszisse: analytisch festgestellter Alkoholgehalt - Ordinate: geschätzter Alkoholgehalt
Mit Kreuzen sind jene Fälle eingezeichnet, bei denen eine starke Ermüdung des Exploranden mitspielte. Mit Dreiecken sind jene Fälle bezeichnet, bei denen zwischen dem rechtlich-wichtigen Ereignis und der Blutentnahme zwei oder mehr Stunden verstrichen sind. Die eingezeichnete 45°-Linie wäre der theoretische Idealfall, wo die Schätzung genau richtig war, also Schätzungspromille und Analysenpromille zusammenfielen.

In *Figur 5* sind sämtliche solche Wertepaare aus einer willkürlich herausgegriffenen Zeitperiode zusammengestellt. Mit Kreuzen und Dreiecken wurden jene mit unübersichtlichen Verhältnissen markiert; entweder machte der Explorand einen stark übermüdeten Eindruck, oder es lag zwischen dem rechtlich-wichtigen Ereignis und der Blutentnahme eine unverhältnismässig grosse Zeitspanne von mehr als zwei Stunden. Die übrigen Werte (Kreislein) stammen von Fällen ohne solche Komplikationen. Es ergab sich dabei:

1. In jenen Fällen, wo keine komplizierenden Momente das Bild stören, ist der Alkoholgehalt immer erkannt worden, wenn er 1 ‰ oder mehr betrug. Insbesondere finden sich in dem Gebiet von 1 ‰ an aufwärts nirgends Kreise unterhalb 1 ‰, d.h. bei Alkoholgehalten von 1 ‰ und mehr hat der Explorand jedesmal einen alkoholisierten Eindruck gemacht, der zum mindesten als 1 ‰ oder mehr geschätzt wurde, trotzdem die Schätzungspunkte mehrheitlich unter dem richtigen Wert liegen.

2. Bei hohen Konzentrationen ist eine Schätzung schwieriger, der Alkoholgehalt kann nur noch als hoch erkannt werden ohne genauere Angabe; im oberen Gebiet der Tabelle ist die Streuung grösser. Die toxischen Störungen sind bereits so grob, dass feinere Abstufungen verwischt werden.
3. Die schlechten Schätzungen sind häufig solche mit den genannten Komplikationen (spätere Blutentnahme, Ermüdung).
4. In Fällen mit den genannten Komplikationen war die Schätzung meistens zu niedrig, d.h. bei der Untersuchung wurden offenbar gewisse Erscheinungen zu Gunsten des Exploranden auf andere Ursachen als auf Alkohol zurückgeführt.

Diese Stichprobe in etwa 100 Fällen zeigt, dass ein Alkoholgehalt von 1 ‰ oder mehr vom erfahrenen Arzt klinisch ausnahmslos erkannt wurde, und zwar als erheblich; geschätzt auf 1 ‰ oder mehr. Das heisst mit andern Worten: Eine Konzentration von 1 ‰ erzeugte stets unmittelbar erkennbare toxische Wirkungen. Die Tatsache, dass von weniger geübten Ärzten gelegentlich ein solcher Gehalt oder noch grössere Alkoholkonzentrationen übersehen werden, zeigt, dass für diese Beurteilung eine gewisse Erfahrung erforderlich ist. Es beeinträchtigt aber obige Schlussfolgerungen nicht, denn wenn keine fassbaren Veränderungen vorhanden gewesen wären, so hätte auch der erfahrene Arzt keine solchen diagnostizieren können.

Bemerkung: Durch das vorangegangene Ereignis (Unfall, Einmischung der Polizei) tritt nicht selten eine Ernüchterung ein (Schockwirkung), und der Explorand strengt sich im Moment der Untersuchung besonders an («er reisst sich zusammen»). Das in Erkenntnis der Bedeutung seines Verhaltens. Dadurch kann eine Alkoholkonzentration geringer erscheinen, als sie vorher beim rechtlich-wichtigen Ereignis war. Das ist in einzelnen Fällen ein weiterer Grund, dass die Alkoholisierung bei der klinischen Beobachtung unterschätzt wird und einem Laien eventuell sogar ganz entgeht. Auch dieser Umstand muss natürlich bei genauerem Studium der vorerwähnten Statistiken mitberücksichtigt werden.

Mit der angeführten Auswertung der Ergebnisse dürfte der Chemiker ungefähr die Grenze seines Gebietes erreicht haben, wo die medizinischen Kompetenzen beginnen. Immerhin halte ich ihn für verantwortlich dafür, dass die Auslegung seiner Resultate an zuständiger Stelle erfolge. Das soll heissen, dass es nicht korrekt ist, wenn er seine Befunde direkt an Laien abgibt; sie gehören in die Hand des beauftragten Arztes, der sie unter Würdigung der Begleitumstände einschliesslich der medizinischen Beobachtungen zu einem Gesamtergebnis zusammenfasst und nur im Zusammenhang mit diesem abgibt, und zwar an die auftraggebende Stelle.

Zusammenfassung

Die Methode der Blutalkoholbestimmung im gerichtlich-medizinischen Institut Zürich wird in ihren wesentlichen Einzelheiten beschrieben. Von ausschlaggebender Bedeutung ist eine ständige Kontrolle, damit ihre Zuverlässigkeit jederzeit sichergestellt bleibt.

Etwa 5—10 cm³ Blut werden der Destillation unterworfen und der Alkoholgehalt im Destillat mit Hilfe des Brechungsexponenten und durch Oxydation mit Chromsäure titrimetrisch ermittelt. Die Übereinstimmung beider Werte ist entscheidend dafür, dass das, was erfasst wurde, wirklich Äthylalkohol ist. Qualitative Proben zur Identifikation des Alkohols und zur Prüfung auf störende Fremdstoffen ergänzen die Untersuchung. Der Einfluss einiger Fremdstoffen auf den Gang der Analyse wird dargelegt.

Die in der Praxis auftretenden Alkoholkonzentrationen werden statistisch dargestellt. Ein Vergleich mit medizinischen Beobachtungen zeigt, dass für den Kundigen die analytisch erfassten Alkoholkonzentrationen stets auch erkennbare Wirkungen ausüben, sobald sie einen gewissen Minimalwert überschreiten.

Résumé

La méthode de détermination du taux d'alcool dans le sang telle qu'elle est pratiquée à l'Institut de médecine légale de Zurich est décrite dans ses données essentielles. Pour que ses résultats soient exacts, il est indispensable de la soumettre à un contrôle constant. On prélève un échantillon de sang à raison de 5 à 10 cm³ qui est soumis à la distillation. Le taux d'alcool est déterminé par oxydation avec de l'acide chromique et par la méthode optique. La concordance des deux résultats obtenus par les deux méthodes est nécessaire pour mettre en évidence la présence d'alcool éthylique. Quelques réactions qualitatives complètent l'identification de l'alcool et servent à rechercher la présence de substances étrangères susceptibles de troubler les résultats. L'influence de quelques substances hétérogènes au cours de l'analyse est discutée.

Un graphique expose l'évaluation statistique des concentrations d'alcool entrant pratiquement en ligne de compte. Les observations médicales démontrent que les effets toxiques de l'alcool provoquent toujours des troubles cliniques nets chez un individu dont le sang contrôlé par la Méthode analytique a permis de trouver un taux d'alcool dépassant un certain minimum.

Summary

The procedure used by the Medico-Legal Institute of Zurich for the determination of the alcohol content in blood is described herein. Special attention has been paid to the continuous daily control of the described method in order to ensure its accuracy.

A sample of approximately 5 to 10 cm³ of blood is distilled. The alcohol in the distillate is determined in each case by the parallel measure of the optical refraction and the titration with chromic acid. If the data of the two methods are the same, the substance measured in the distillate is ethyl alcohol.

The method is completed by other tests for alcohol as well as for interfering substances; the influence of the latter on the main methods is also discussed.

The results of the method's continuous use during the past two years are graphically summarised. A comparison with clinical observations shows that trained people can always recognize the symptoms of intoxication if the alcohol percentage of the blood, as found by analysis, exceeds a certain minimum.

Literatur

- ¹⁾ *Wehrli*: Helv. chimica acta XXI, 1384 (1938).