

(Aus der Chemischen Abteilung des Pathologischen Instituts der Universität Berlin. — Leiter: Prof. *Hinsberg*.)

## Ein kritischer Vergleich zwischen den Methoden nach Widmark und nach Friedemann Klaas zur Bestimmung des Äthylalkohols im Blut.

Von

K. Hinsberg und Erwin Breutel.

### Allgemeines.

Ein großes statistisches Material hat gezeigt, daß der Alkohol an vielen Verkehrsunglücken schuld hat. Durch psychotechnische Methoden kann ganz allgemein ermessen werden, daß die geistige Reaktionsfähigkeit besonders neuen und überraschenden Situationen gegenüber unter der Alkoholeinwirkung stark leidet. Es liegt nicht im Sinne dieser Arbeit, auf die juristischen und forensischen Verhältnisse bei vorliegender Trunkenheit von Verkehrsteilnehmern näher einzugehen. Jedoch ist es ersichtlich, daß eine objektive Methode zum Nachweis des Alkoholgenusses, neben der klinischen Beobachtung des untersuchenden Arztes, in der forensischen Praxis von großer Bedeutung ist. Der Nachweis des Alkohols in den Körperflüssigkeiten, insbesondere dem Blut, ist das Naheliegendste.

Schon früh hat man diese Frage zu lösen versucht. Die ersten Untersuchungen erfolgten bereits vor etwa 200 Jahren. Eine feiner arbeitende Titrationsmethode wurde von *Cotte* in der Mitte des vorigen Jahrhunderts angegeben. Diese Methode wurde vielfach verwendet und mit einigen Modifikationen von *Nicloux* zu Ende des Jahrhunderts noch einmal veröffentlicht. Auf dem gleichen Prinzip bauen sich noch verschiedene andere Methoden auf, so die von *Mayer* (1932) und die von *Widmark* (1922). Letztere hat in weitem Maße Eingang in die forensische Praxis gefunden, sie soll Gegenstand der vorliegenden Untersuchung sein. Die Methoden, die auf anderen physikalischen und chemischen Vorgängen beruhen, wie die Äthoxylgruppenstimmungen nach *Nicolai* oder die interferometrische Methode nach *Kionka*, können wir außer acht lassen, da sie nur eine untergeordnete praktische Bedeutung haben.

Alle oxydimetrischen Methoden, auch die gebräuchlichste nach *Widmark*, haben den für gerichtliche Zwecke bedenklichen Nachteil einer sehr geringen Spezifität. Alle vorhandenen flüchtigen, organischen Substanzen werden hier als Alkohol bestimmt. Die Frage der Spezifität sowie anderer Fehlermöglichkeiten der *Widmarkschen* Blutalkoholbestimmungsmethode ist in letzter Zeit der Gegenstand einer ausgedehnten Aussprache der Hauptversammlung Deutscher Lebensmittelchemiker in Frankfurt a. M. (6. VII. 1937) und einer anschließenden Artikelserie in der Deutschen Chemiker-Zeitung gewesen. Hier hat

*Hinsberg* die in diesem Punkt bestehenden Fragen folgendermaßen präzisiert:

1. Ist tatsächlich alles Alkohol, was oxydimetrisch oder interferometrisch bestimmt wird?
2. Welche pathologischen Stoffe können im Blut mitbestimmt werden?
3. Kann bei der Nahrungsaufnahme Alkohol vorgetäuscht werden, oder kann er bei der Verdauung intermediär entstehen?
4. Welche technischen Fehler führen am häufigsten zu Fehlergebnissen?
5. Kann man unter den üblichen Bedingungen des Lebens Normalwerte erwarten, die eine Abgrenzung der Werte nach Alkoholgenuß gestatten?

Durch die vorliegenden Untersuchungen sollen besonders die Fragen 1 und 3 beleuchtet werden.

Daß andere flüchtige, oxydable Substanzen außer Äthylalkohol im Blut physiologischerweise vorkommen, ist bekannt. Hierher gehören flüchtige Basen, die im Schrifttum summarisch als Ammoniak beschrieben werden. Ketone, besonders Azeton ist auch im normalen Blut nachgewiesen worden. Acetaldehyd ist sicher vorhanden. Weiterhin gibt es eine große Anzahl organischer Säuren, über deren Flüchtigkeit sich nichts Genaueres sagen läßt, die aber in Mengen von 7—10 Millimol je ein Liter Serum vorkommen, das würde auf Essigsäure berechnet etwa 4—6 mg% bedeuten. Die bekannte Milchsäure ist zwar an sich nicht flüchtig, durch den enzymatischen Abbau der Glukose kann sie sich jedoch vermehren, und es ist denkbar, daß sie andere flüchtige Säuren aus ihren Salzen in Freiheit setzt, die dann zur Destillation gelangen. Über das mengenmäßige Vorkommen der genannten Stoffe im Nüchternblut ist noch nichts Sicheres bekannt, doch ist es wahrscheinlich, daß sie unter veränderten Bedingungen, wie Nahrungsaufnahme, Arbeit, Hunger, pathologische Zustände, zunehmen können.

Es ist daher ersichtlich, daß wir zur genauen Bestimmung des Blutalkohols, wie wir sie als Grundlage für den forensischen Nachweis brauchen, eine Methode benötigen, die die genannten Stoffe mit Sicherheit von dem zu bestimmenden Alkohol abtrennt. In diesem Zusammenhang hat *Hinsberg* auf die von amerikanischen Autoren, *Friedemann* und *Klaas*, im Jahre 1936 angegebene Methode hingewiesen, bei der im wesentlichen nur Äthylalkohol zur Oxydation gelangen kann. Ein Vergleich zwischen dem gebräuchlichen Verfahren von *Widmark* und dem von *Friedemann* und *Klaas* kann die Frage klären, wie groß der Anteil anderer flüchtiger Substanzen bei den bisher als Alkohol angegebenen, oxydierten Stoffen ist. Bis heute ist nach unserem Wissen ein solcher Vergleich in der Literatur nicht erschienen.

### Die Methode nach Widmark.

Die *Widmarksche* Methode ist hinreichend bekannt und in dieser Zeitschrift besprochen worden, als daß im Rahmen dieser Arbeit noch eine genauere Beschreibung gegeben werden müßte. Es handelt sich im Prinzip um ein mikrochemisches, jodometrisches Titrationsverfahren.

Der *Vorteil* der *Widmarkschen* Methode liegt in der großen Einfachheit und Sauberkeit ihrer Handhabung. Die Einzelheiten des Verfahrens sind leicht zu übersehen und daher Fehlermöglichkeiten weitgehend eingeschränkt. Der Fehler ist bei eingehaltenen Vorsichtsmaßregeln — restlose Sauberkeit der Gefäße, genaue Abmessung der Kaliumbichromatmenge — und der notwendigen Übung klein und recht konstant. Einen gewissen *Nachteil* der Methode stellt dar, daß bei geringer Konzentration des Alkohols im Blut nur immer dieselbe kleine Blutmenge untersucht werden kann, da bei größeren Quantitäten die Oxydationsfähigkeit des eingebrachten Säurebichromatgemisches, durch das vermehrt überdestillierte Wasser leidet. Der bedeutendste *Nachteil* ist die schon erwähnte, fehlende Spezifität der Methode. Eine Bestimmung kann niemals darüber restlos Sicherheit geben, daß sich die gefundenen Werte auch wirklich auf Äthylalkohol beziehen, da ja alle destillierten organischen Substanzen oxydiert werden.

### Die Methode nach Friedemann und Klaas.

Auch hier handelt es sich um ein oxydimetrisches, jodometrisches Verfahren, mit der Modifikation, daß an Stelle des Kaliumbichromats Kaliumpermanganat in stark alkalischer Lösung als Oxydationsmittel verwendet wird. Der quantitative Nachweis des Oxydationsmittels geschieht ebenfalls mit Hilfe von Kaliumjodid und Natriumthiosulfat. Der bedeutsame Unterschied liegt aber hierin:

Das Blut wird zunächst aus wässriger, saurer Lösung in Gegenwart von Natriumwolframat und Merkurisulfat bei 100° abdestilliert, es werden flüchtige Basen zurückgehalten, während Alkohol, Säuren und Carbonylverbindungen entweichen können. Das Destillat wird ein zweites Mal aus alkalischem Milieu mit Calciumhydroxyd und Merkurisulfat abdestilliert, hier bleiben alle Säuren und Carbonylverbindungen zurück. Entweichen können nur noch Alkohol und indifferente Stoffe. Die Carbonylverbindungen werden in Form nichtflüchtiger organischer Quecksilberkomplexverbindungen gebunden. Das zweite Destillat erst wird nun zur Oxydation verwendet. Außer dem Äthylalkohol können lediglich andere niedere Alkohole, Äther und Kohlenwasserstoffe vorhanden sein, die sich ja normalerweise niemals im Blute finden.

Die Permanganatlösung oxydiert den vorhandenen Alkohol bei 100° in stark alkalischem Milieu zu Oxalsäure, die nun bei dem folgenden Ansäuern mit Schwefelsäure durch noch vorhandenes Kaliumpermanganat zu Kohlendioxyd und Wasser verbrennt. Auch diese Reaktion verläuft nicht vollständig nach den Gesetzen der Stöchiometrie, deshalb muß auch hier mit einem empirischen Faktor gerechnet werden:

|       |                 |                   |   |        |    |         |
|-------|-----------------|-------------------|---|--------|----|---------|
| 1 ccm | $\frac{n}{50}$  | KMnO <sub>4</sub> | = | 0,0855 | mg | Alkohol |
| 1 „   | $\frac{n}{100}$ | „                 | = | 0,0420 | „  | „       |
| 1 „   | $\frac{n}{200}$ | „                 | = | 0,0215 | „  | „       |

Da ein Überschuß an Kaliumpermanganat von mindestens 80% für richtige Werte Voraussetzung ist, muß die zu erwartende Blutalkoholkonzentration von vornherein einigermaßen richtig abgeschätzt oder im Vorversuch ermittelt werden, damit die die größte Genauigkeiten ergebende Blutmenge und Kaliumpermanganatkonzentration gewählt werden kann.

Wollen wir die Vor- und Nachteile auch dieser Methode einander gegenüberstellen, so liegt hier das Verhältnis genau umgekehrt wie bei der *Widmarkschen* Methode. Der Hauptvorteil liegt hier in der wiederholt genannten, größeren Spezifität. Die bei der Oxydation bestimmbaren Substanzen sind hier neben Alkoholen auf neutrale und chemisch indifferente Körper eingeschränkt, von denen allen Erfahrungen nach nur der Äthylalkohol im normalen Blut vorkommen kann. Allerdings müssen auch von dieser Untersuchungsmethode Individuen ausgenommen werden, die mit Hilfe von Äther und Chloroform narkotisiert worden sind, oder reichlich, wie es bei Kraftfahrern vorkommen mag, flüchtige Kohlenwasserstoffe eingeatmet haben. Alle anderen vorgenannten Substanzen werden von der Methode ausgeschaltet.

Der Alkohol wird beinahe quantitativ wiedergefunden, nach der Angabe der Autoren in einer Menge von 98,6%. Aceton und Acetaldehyd werden beinahe ebenso quantitativ ausgeschaltet, Aceton mit 99%, Acetaldehyd in einem Umfange von 95—98%, über eigene Erfahrungen siehe die nachstehenden Tabellen. Als weiterer Vorteil möge noch erwähnt werden, daß durch die größere Menge des Oxydationsmittels die Genauigkeit in der Ablesung der Büretten wächst, und daß bei Verwendung von Kaliumpermanganat das Verhältnis zwischen dem oxydierten Medium und dem Verbrauch an Oxydationsmittel günstiger ist, was sich aus den zur Berechnung verwendeten Konstanten (*Widmark* 0,113, *Friedemann-Klaas* 0,0420 für 1 ccm Oxydationsmittel bei  $\frac{n}{100}$ -Natriumthiosulfat) deutlich zeigt. Die beiden letztgenannten Vorteile werden aber durch die größere Fehlerbreite der Methode zum Teil wieder aufgehoben.

Als Nachteil für die Praxis macht sich zunächst die lange Dauer und Umständlichkeit des Verfahrens geltend. Die gleichzeitige Behandlung vieler Proben bedeutet bei dem *Widmarkschen* Verfahren nur eine geringe Verlängerung der Zeit der Untersuchung, während hier der Zeitaufwand mit der Zahl der Proben gleichmäßig wächst, da das Verfahren eigentlich die dauernde Aufmerksamkeit des Untersuchers beansprucht. Aus der Vielfalt der Arbeitsgänge und der Beschaffenheit der von den Verfassern angegebenen Apparatur erklärt sich das Anwachsen der Fehlermöglichkeiten. Es wird zur Destillation eine vergleichs-

weise große Menge von destilliertem Wasser verwendet, von dessen gleichmäßiger Beschaffenheit und Freiheit von flüchtigen Substanzen die Richtigkeit der Ergebnisse abhängt. Durch die Benutzung mehrerer Gefäße besteht die größere Möglichkeit eines Verlustes. Die Apparatur der Autoren schreibt vor, daß der *Kjeldahl*-Kolben mit Hilfe eines Gummistopfens an dem Destillationsapparat befestigt wird. Der Stopfen selbst kann die Quelle beträchtlicher und inkonstanter Mengen flüchtiger Substanzen sein. Es wurde wiederholt beobachtet, daß die Destillate deutlich nach Gummi rochen, was natürlich auf die Anwesenheit flüchtiger Substanzen hindeutet. Wir haben den Fehler durch Anbringung eines kleinen Glastrichters innerhalb des Kolbenhalses, zwischen dem Stopfen und dem Rohr des Destillationsapparates abzustellen versucht. Zwischen Trichterrand und Kolbenhals bildete sich eine capillare Wasserschicht, die den Stopfen von dem gebildeten Dampf abtrennte. Einen zuverlässigen Schutz bildet es jedoch zweifellos nicht. Für diese Methode ist die bei Gelegenheit der Tagung Deutscher Lebensmittelchemiker aufgestellte Forderung, die Analysen mögen nur von besonders geschulten und verantwortungsbewußten Chemikern oder chemisch geschulten Ärzten ausgeführt werden, in vermehrtem Maße zutreffend.

### Eigene Versuche.

#### Nachprüfung der Methoden und Vergleich an reinen Lösungen.

Zur Kontrolle der eigenen Arbeitsmethoden und zur Ausschaltung aller möglichen Fehlerquellen war es nötig, die Methoden erst wiederholt an reinen Alkoholösungen auszuprobieren. Verwendet wurde käuflicher, reiner, absoluter Äthylalkohol p. a. (Sicherung). Er wurde 1:1000 (nach Volumteilen) mit ausgekochtem bidestilliertem Wasser verdünnt, was eine Lösung von 0,79‰ ergab. Diese Lösung wurde gleichzeitig nach beiden Verfahren bestimmt.

Die *Friedemann-Klaassche* Apparatur wurde lediglich aus Gründen der Beschaffung um ein geringes modifiziert. Statt des angegebenen, zusammengesetzten, verzinnnten Kupferrohres verwendeten wir ein einfaches 1 cm starkes versilbertes Messingrohr bzw. ein Silberrohr der gleichen Stärke. Die alkoholischen Lösungen wurden mit 0,1 ccm Pipetten abgemessen. Das Kaliumpermanganat mit Voll-

#### 1. Bestimmung einer reinen Alkohollösung von 0,79‰ nach *Widmark*.

| Nr. | Proben                       | Titrl. Menge<br>Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>ccm | Titrl.<br>Differenz | Alkohol<br>mg | Alkohol<br>‰ | Mittel  |
|-----|------------------------------|--|---------------------|---------------|--------------|---------|
| 1   | } Leerwerte {                | 4,05   | —                   | —             | —            | } 4,03  |
| 2   |                              | 4,04   | —                   | —             | —            |         |
| 3   |                              | 4,02   | —                   | —             | —            |         |
| 4   | } 0,1 ccm<br>Alkohollösung { | 3,37   | 0,66                | 0,075         | 0,75         | } 0,77‰ |
| 5   |                              | 3,35   | 0,68                | 0,077         | 0,77         |         |
| 6   |                              | 0,79‰  | 3,32                | 0,71          | 0,080        |         |

und nach Friedemann Klaas zur Bestimmung des Äthylalkohols im Blut. 199

pipetten von 25 ccm. Für die Richtigkeit der Ergebnisse nach *Widmark* ist es sehr wesentlich, daß immer die genau gleichen Mengen  $K_2Cr_2O_7$  zur Oxydation verwendet werden. Wir verwendeten immer die gleiche 1 ccm-Serumpipette nach *Fuchs*, die zur Abmessung viscoser Flüssigkeiten, wie sie die konzentrierte Schwefelsäure darstellt, sehr geeignet ist.

Es wurden  $0,77\text{‰}$  Alkohol wiedergefunden, entsprechend einer Wiedergewinnung von 97,4%. Fehlerbreite  $\pm 3\%$ .

2. Bestimmung der gleichen Lösung von  $0,79\text{‰}$  Alkohol nach *Friedemann und Klaas*.

| Nr. | Proben                                     | Titrl. Menge<br>$Na_2S_2O_3$<br>ccm | Titrl.<br>Differenz | Alkohol<br>mg | Alkohol<br>‰ | Mittel  |
|-----|--|-------------------------------------|---------------------|---------------|--------------|---------|
| 1   | } Leerwerte {                              | 22,1                                | —                   | —             | —            | } 22,15 |
| 2   |  | 22,2                                | —                   | —             | —            |         |
| 3   |  | 20,2                                | 1,95                | 0,082         | 0,82         |         |
| 4   | } 0,1 ccm<br>0,79‰<br>Alkohol-<br>lösung { | 20,1                                | 2,05                | 0,087         | 0,87         | } 0,78‰ |
| 5   |  | 20,5                                | 1,65                | 0,069         | 0,69         |         |
| 6   |  | 20,4                                | 1,75                | 0,074         | 0,74         |         |
| 7   |  | 20,3                                | 1,85                | 0,078         | 0,78         |         |

Im Mittel erhalten wir hier eine Ausbeute von  $0,78\text{‰}$ , was einer Wiedergewinnung von 98,6% entsprechen würde. Die Streuungsbreite ist bei dieser Methode bedeutend größer, von  $0,87-0,69\text{‰}$ , das ist  $\pm 0,009$  mg (9  $\gamma$ ), =  $\pm 11\%$  des absoluten Wertes. Bei wiederholter Prüfung der Methode zeigte sich jedoch, daß auch wir mit der von den Autoren angegebenen Wiedergewinnung von 98% rechnen können.

Als nächstes wurde die gleiche alkoholische Lösung von  $0,79\text{‰}$  der noch eine Menge von 1 ccm verd. Essigsäure und Aceton in gleichen Mengen zugesetzt worden war, nach beiden Methoden untersucht.

3. Untersuchung der angegebenen Alkohol-Essigsäure-Acetonlösung nach *Widmark* (Lösung  $K_2Cr_2O_7$   $\frac{n}{100}$ ).

| Nr. | Proben   | Titrl. Menge<br>$Na_2S_2O_3$<br>ccm | Mittel | Titrl.<br>Differenz | ‰ flüchtige<br>Substanz, auf<br>Alkohol<br>berechnet |
|-----|--|-------------------------------------|--------|---------------------|--|
| 1   | } Leerwerte {  | 4,22                                | } 4,24 | }                   | }  |
| 2   |  | 4,23                                |        |                     |  |
| 3   |  | 4,26                                |        |                     |  |
| 4   | } 0,1 ccm Alko-<br>hol-Essigsäure-<br>Acetonlösung { | 3,31                                | } 3,37 | } 0,87              | } 0,99‰  |
| 5   |  | 3,38                                |        |                     |  |
| 6   |  | 3,41                                |        |                     |  |

Es ist nicht zu erwarten, daß die beigefügte Menge Essigsäure zu einem Ausschlag bei der *Widmarkschen* Methode führt, da die Verbrennung in der Bichromat-schwefelsäure im allgemeinen nur bis zur Oxydationsstufe der Essigsäure führt. Die zugesetzte Menge Keton ( $\frac{1}{2}$  des Vol. des Alkohols) täuscht uns eine Alkoholkonzentration von  $0,21\text{‰}$  vor.

4. Die gleiche Lösung wurde auch mit alkalischer Permanganatlösung, jedoch ohne vorgeschaltete doppelte Destillation, oxydiert.

| Nr. | Proben                       | Titrl. Menge<br>$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$<br>ccm | Mittel  | Titrl.<br>Differenz | Flüchtige Sub-<br>stanz, auf Alko-<br>hol berechnet<br>$\frac{0}{100}$ |
|-----|------------------------------|--|---------|---------------------|--|
| 1   | } Leer-<br>oxydat.           | { 23,9   | } 23,90 | 2,55                | 1,08 $\frac{0}{100}$   |
| 2   |                              | { 23,9   |         |                     |  |
| 3   | } 0,1 ccm Lösung<br>wie oben | { 21,3   | } 21,35 |                     |  |
| 4   |                              | { 21,4   |         |                     |  |

Vergleichen wir das Ergebnis mit dem der Untersuchung der reinen Alkohol-lösung und mit dem der *Widmarkschen* Methode, so ergibt sich folgendes: Der Aceton-Essigsäure-Zusatz täuscht 0,30 $\frac{0}{100}$  Alkohol mehr vor, da auch Essig-säure in alkalischer Kaliumpermanganatlösung oxydiert wird.

5. Die Wirkung von Essigsäure und Aceton verschwindet vollkommen, wenn wir die doppelte Destillation anwenden. Es kommen wieder 0,1 ccm der genannten Lösung zum Versuch. Vorgelegt wurden wieder 25 ccm  $\frac{2}{100}$   $\text{KMnO}_4$ -Lösung.

| Nr. | Proben                       | Titrl. Menge<br>$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$<br>ccm | Mittel  | Titrl.<br>Differenz | Alkohol |
|-----|------------------------------|--|---------|---------------------|---------|
| 1   | } Leerdestillation           | { 22,70  | } 22,45 | 1,85                | 0,78%   |
| 2   |                              | { 22,20  |         |                     |         |
| 3   |                              | { 22,45  |         |                     |         |
| 4   | } 0,1 ccm Lösung<br>wie oben | { 20,35  | } 20,60 |                     |         |
| 5   |                              | { 20,85  |         |                     |         |

Wir erhalten genau den gleichen Wert wie in Tabelle 2, 0,78 $\frac{0}{100}$ . Auch gering-gradigste Wirkungen überdestillierten Acetons sind nicht zu erkennen, Schwankungen sind wohl der Fehlerbreite der Methodik zuzuweisen.

### Untersuchungen von menschlichem Blut.

Das Schrifttum bietet eine reiche Anzahl von ausgeführten Ver-suchen, in denen sowohl das Alkoholvorkommen im Blut bei Ruhe und Nüchternheit (nach mindestens 12stündiger Nahrungsenthaltung), als auch nach Aufnahme genau bekannter Alkoholmengen, zumeist in seinen Lösungen, untersucht wird.

Die Autoren haben sich bemüht, die Versuchsbedingungen so übersichtlich wie möglich zu gestalten, indem sie Alkoholgaben min-destens 12 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme und bei voll-kommener Körperruhe den Versuchspersonen zuführten. In der Über-zeugung, daß sich diese Versuchsergebnisse niemals mit praktisch ge-gebenen Blutuntersuchungen bei irgendwelchen Verkehrsunglücken usw. vergleichen lassen, sind wir von diesen Voraussetzungen bewußt ab-gegangen. Ein auf seinen Blutalkoholgehalt zu untersuchender Ver-kehrsteilnehmer befindet sich so gut wie niemals im Zustand der Körper-ruhe und ohne Nahrungsaufnahme. Es wurde deshalb Wert darauf

gelegt, die Versuchsbedingungen der Praxis anzugleichen, indem wir weder auf allgemeinübliche kleinere Mahlzeiten noch auf leichte Beschäftigung verzichteten.

In der einschlägigen Literatur nimmt die Frage, ob das zu untersuchende Blut mit Hilfe einer Venüle oder einer Capillare aus der Fingerbeere entnommen werden soll, einen breiten Raum ein. Es steht zur Debatte, ob die eine oder andere Methode der Entnahme bei fehlerhafter Desinfektion der Haut oder des Entnahmegerätes zu größeren Irrtumsmöglichkeiten führe. Wir haben, da wir stets größere Blutmengen gebrauchten, die Blutentnahme mit der 20 ccm-Rekordspritze vorgenommen und dabei auf jede Desinfektion (außer einfacher Reinigung mit Wasser) verzichtet. Eine zweite Frage, ob das benötigte Blutquantum abzumessen oder zu wägen sei, haben wir für unsere Versuche dahin entschieden, daß wir 0,1 ccm Blut mit Hilfe einer Blutzuckerpipette in das Kölbchen hinein abmaßen. Durch langsames Auslaufenlassen gelingt es, die Pipette gleichmäßig zu entleeren.

Die Untersuchungen wurden alle an nur 2 Versuchspersonen vorgenommen, so daß die Ergebnisse vergleichbar sind und wir mit keinen großen individuellen Schwankungen zu rechnen haben. Zunächst wurde der Blutalkoholspiegel nach 12stündiger Nahrungspause und bei körperlicher Ruhe vorgenommen. Dann wurde er nach beiden Methoden unter praktischen Bedingungen, Hunger und Arbeit, nach Nahrungsaufnahme, nach Genuß von reichlich Früchten bzw. Fruchtsäften untersucht. Schließlich wurden zum Vergleich noch alkoholische Getränke gegeben.

#### I. Nüchternwerte.

Das Schrifttum ist reich an Angaben über den Gehalt des Blutes an endogenem Alkohol, wobei es nicht immer klar zu ersehen ist, ob es sich bei den Bestimmungen um Nüchternblut handelt. Es steht seit langem mit ziemlicher Sicherheit fest, daß das menschliche Blut physiologischerweise eine geringe Menge Alkohol enthält. Im allgemeinen herrscht die Theorie, daß der Alkohol ein Zwischenprodukt des intermediären Kohlehydratstoffwechsels darstellt. *Czerny* und *Stocklase* haben diese Theorie aufgestellt, die auch von anderen wie *Heilner* und *Kionka* vertreten wird.

Mit Sicherheit ist Alkohol bei dem fermentativen Abbau des Zuckers durch Hefe bekannt, daher stehen *Rosemann* und *Landsberg* auf dem Standpunkt, es handle sich beim endogenen Alkohol um ein Produkt, das der bakteriellen Zersetzung der Kohlehydrate im Darm entstamme. Diese Theorie haben in letzter Zeit *Steudel* und *Flößner* wieder vertreten, indem sie die Reste von in vitro verdauten Kohlehydraten mit der Darmbakterienflora impften und eine alkoholische Gärung beobachteten.

*Kühn* ist der Meinung, daß die vorangehende Ernährungsperiode von Einfluß auf den Blutalkoholspiegel sei.

Nach *Kühn* wurde die erste genauere Untersuchung auf endogenen Alkohol im Jahre 1923 von *Schweissheimer* vorgenommen; er gibt einen Blutalkoholspiegel von 0,02955—0,03668‰ an. *Kühn* selbst (Jena 1929) ermittelte Werte, die zwischen 0,006 und 0,051‰ lagen, meist zwischen 0,006 und 0,021‰, im Durchschnitt bei 0,0213‰. *Kionka* gibt Werte von 0,01—0,066‰, von denen nicht gesagt ist, ob sie am nüchternen Menschen gewonnen wurden. *Friedemann* und *Klaas* geben aber nur folgende Werte an: Normales Blut 0,10, 0,15, 0,17, 0,40 mg% = 0,001—0,004‰. Alle früheren Werte sind mit den Methoden (oxydimetrisch, interferometrisch) ermittelt, auf deren mangelnde Spezifität wir schon hingewiesen haben. „*Widmark* selbst bezeichnet den Wert der absoluten Zahlen für problematisch, sofern man sie wirklich auf Alkohol beziehen will; sie alle wurden mit Methoden gewonnen, die nicht genügend spezifisch sind“ (nach *Elbel*).

Unsere Ermittlungen an zwei gesunden Versuchspersonen ergaben folgendes:

Versuchsperson A: Cand. med., 68 kg, 1,76 m, athletischer Habitus, vollständig gesund, 24 Jahre alt, männlich.

Blutentnahme nach dem Erwachen morgens im Bett.

Versuchsperson B: Cand. med., 1,78 m, 76 kg, vollständig gesund, 24 Jahre, männlich.

Bei beiden Versuchspersonen liegen die Blutalkoholwerte nach *Friedemann* und *Klaas* deutlich niedriger als nach *Widmark*, wir müssen also annehmen, daß bei *Widmark* eine Reihe von Substanzen mitbestimmt werden, die nicht Alkohol sind und die bei der doppelten Destillation nach *Friedemann* und *Klaas* ausgeschaltet wurden. Es ergab sich:

|  |               |
|--|---------------|
| Versuchsperson A.                              |               |
| Nach <i>Widmark</i> . . . . .                  | 0,034‰        |
| „ <i>Friedemann</i> und <i>Klaas</i> . . . . . | <u>0,014‰</u> |
| Differenz                                      | 0,020‰        |
| Versuchsperson B.                              |               |
| Nach <i>Widmark</i> . . . . .                  | 0,023‰        |
| „ <i>Friedemann</i> und <i>Klaas</i> . . . . . | <u>0,014‰</u> |
| Differenz                                      | 0,009‰        |

Die Differenz zwischen den beiden Bestimmungen gibt uns einen Anhalt für das Vorhandensein anderer flüchtiger Substanzen, sie erlaubt uns aber nicht, deren Konzentration mengenmäßig anzugeben, da es sich um Substanzen handelt, deren Oxydationsfähigkeit wir nicht kennen.

## II. Werte bei Hunger und Arbeit.

Die Tatsache, daß bei fehlender Zufuhr von Kohlehydraten der endogene Fettstoffwechsel leidet, so daß bekanntermaßen Abbauprodukte wie Aceton, Acetessigsäure und  $\beta$ -Oxybuttersäure im Blut vermehrt auf-

treten, ließ vermuten, der Gehalt des Blutes an flüchtigen Substanzen sei im Hungerzustand vermehrt. Bei der unspezifischen *Widmark*-schen Methode würde das eine scheinbare Vermehrung des Blutalkoholspiegels bedeuten. *Akute* Hungerzustände mögen in der Praxis bei Verkehrsteilnehmern (Fernfahrer) ein häufiger vorkommender Zustand sein, der, wenn es sich um schwerere Zustände von Hypoglykämie handelt, auch zu einer gewissen Verzögerung der Reaktionsbereitschaft dem Verkehr gegenüber führt.

1. Versuch: Versuchsperson B.

Nach einem kleinen Frühstück, bestehend aus 2 Tassen Tee und 2 Stück Butterbrot, wurde eine 12stündige Hungerperiode eingeschaltet, während deren Laboratoriumsarbeiten ausgeführt wurden. Keine stärkeren subjektiven Hungererscheinungen. Ergebnis:

|  |   |
|--|---|
| Nach <i>Widmark</i> . . . . .                  | 0,023 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>     |
| „ <i>Friedemann</i> und <i>Klaas</i> . . . . . | <u>0,006<sup>0</sup>/<sub>100</sub></u> |
| Differenz                                      | 0,017 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>     |

2. Versuch: Versuchspersonen A und B.

Akuter Hunger bei starker Körperarbeit. Nach einem kleinen Frühstück, bestehend aus 1 Tasse Tee und 2 Butterbrötchen, wurde von den im Radfahren untrainierten Versuchspersonen eine Radtour von etwa 60 km bei Gegenwind in 5 Stunden zurückgelegt ohne weitere Nahrungsaufnahme. Zu Ende der Fahrt deutliche subjektive Hungersymptome bei beiden Personen. Leichter Tremor, kalter Schweiß, Blässe, starke Unsicherheitsgefühle bei der Bewegung mit dem Fahrrad durch den Großstadtverkehr. Ergebnis:

Versuchsperson A.

|  |   |
|--|---|
| Nach <i>Widmark</i> . . . . .                  | 0,011 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>     |
| „ <i>Friedemann</i> und <i>Klaas</i> . . . . . | <u>0,011<sup>0</sup>/<sub>100</sub></u> |

Versuchsperson B.

|  |   |
|--|---|
| Nach <i>Widmark</i> . . . . .                  | 0,000 <sup>0</sup> / <sub>100</sub>     |
| „ <i>Friedemann</i> und <i>Klaas</i> . . . . . | <u>0,006<sup>0</sup>/<sub>100</sub></u> |

Die angegebenen Versuche haben unsere Vermutung, die im Blut vorhandenen flüchtigen Substanzen würden durch akuten Hunger vermehrt, nicht bestätigt. Der leichte Hungerversuch zeigt typische Nüchternwerte, nach *Widmark* 0,023<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, nach *Friedemann* und *Klaas* 0,006<sup>0</sup>/<sub>100</sub>, mit der aus den Nüchternversuchen bekannten Differenz von 0,017<sup>0</sup>/<sub>100</sub> zwischen den Ergebnissen der beiden Methoden. Der zweite Versuch zeigt, daß die flüchtigen Substanzen im Blut, jedenfalls bei den von uns gewählten Bedingungen, nicht ansteigen, sondern noch unter die Norm absinken, was darauf hindeuten könnte, daß der im Blut vorhandene Alkohol und die übrigen flüchtigen Substanzen aus dem intestinalen, fermentativen oder bakteriellen Verdauungsprozeß stammen, der im Hungerzustand weitgehend unterbrochen ist. Die Mengen sind so stark an die Grenze der Meßfähigkeit unserer Me-

thoden gerückt, daß wir eine deutliche Differenz zwischen den beiden Methoden nicht mehr feststellen können.

Die von uns aufgestellte Frage, ob akuter Hunger mit mäßiger oder starker Körperarbeit die Menge der flüchtigen Substanzen im Blut zu ungunsten des Alkohols vermehre, und somit die unspezifischen Untersuchungsmethoden besonders unbrauchbar mache, müssen wir an Hand dieser Untersuchungen verneinen. Es wäre aber möglich, daß länger dauernde und chronische Hungerzustände sich dennoch im Spiegel der flüchtigen Substanzen im Blut bemerkbar machen könnten. Sie werden jedoch in der Praxis der Verkehrsunfälle eine untergeordnete Rolle spielen.

### III. Werte nach Nahrungsaufnahme.

Es finden sich im Schrifttum Angaben darüber, daß der endogene Alkohol nach der Aufnahme kohlehydratreicher Mahlzeiten bedeutend ansteige, was ja mit der Theorie, die den Alkohol als intermediäres Produkt des Kohlehydratstoffwechsels bzw. als Produkt einer bakteriellen Zersetzung der Nahrung im Darm betrachtet, in Einklang stände.

*Kühn* gibt Blutalkoholkonzentrationen von 0,006—0,085‰ nach Kohlehydratmahlzeiten an. Zusammenfassend schreibt er folgendes: „Es ist festzustellen, daß eine eindeutige und einheitliche Beeinflussung des Blutalkoholgehaltes durch eine einmalige Kohlehydratzufuhr nicht stattfindet. Es sind der Momente zuviel, die das Auftreten des Alkohols beeinflussen.“

*Studel* und *Flössner* haben nach einer kohlehydratreichen Mahlzeit ein Ansteigen des Blutalkoholspiegels von 0,23 auf 0,066‰ bzw. von 0,027 auf 0,043‰ beobachtet. Da sie die *Widmarksche* Methode benutzten, ist auch hier wieder die Frage berechtigt, ob es sich bei diesem Anstieg wirklich um Alkohol gehandelt hat.

Da es uns nicht auf einen Beweis für die Entstehung des Alkohols aus dem Kohlehydratstoffwechsel ankam, sondern auf den Vergleich der Methoden und die Abtrennung der anderen flüchtigen Substanzen vom Alkohol, haben wir nicht reine Kohlehydrate, sondern eine gemischte, reichliche Mahlzeit gewählt.

Versuchsperson A: Mahlzeit bestehend aus etwa 200—250 g gebratene Leber mit Bratkartoffeln. Blutentnahme nach 2 Stunden.

Ein Ansteigen der Werte nach *Widmark* ist 2 Stunden nach der Mahlzeit nicht festzustellen (Nüchternwert 0,035‰, nach der Mahlzeit 0,034‰), was sicherlich auf eine zu langsame Resorption der schwer angreifbaren gebratenen Speisen zurückzuführen ist. Wohl ist aber ein deutlicher Unterschied gegenüber den Werten nach *Friedemann-Klaas* festzustellen.

|  |                  |
|--|------------------|
| Nach <i>Widmark</i> . . . . .                  | 0,034‰           |
| „ <i>Friedemann</i> und <i>Klaas</i> . . . . . | 0,012‰           |
|  | Differenz 0,022‰ |

und nach Friedemann Klaas zur Bestimmung des Äthylalkohols im Blut. 205

Die Nahrungsaufnahme scheint sich noch gar nicht geltend gemacht zu haben, sondern der Blutalkoholspiegel verhält sich wie bei Nüchternheit.

Versuchsperson B: Von der Annahme ausgehend, daß sich bei der Erhitzung von Fetten reichlich flüchtige Substanzen wie Acrolein und Zersetzungsprodukte der Fettsäuren bilden, gaben wir bei dem nächsten Versuch noch etwa 100 g gebratene Butter zu der obengenannten gemischten Mahlzeit hinzu.

Blutentnahme nach 2 und 3 Stunden.

|   | nüchtern | 2 Stunden | 3 Stunden |
|---|----------|-----------|-----------|
| <i>Widmark</i> . . . . .                    | 0,023    | 0,017     | 0,045     |
| <i>Friedemann</i> u. <i>Klaas</i> . . . . . | 0,014    | 0,005     | 0,011     |
| Differenz . . . . .                         | 0,009    | 0,012     | 0,034     |

Werte in ‰.

Nach 3 Stunden macht sich die Nahrungsaufnahme im Blutwert geltend. Anstieg von 0,023‰ (nüchtern) auf 0,045‰ bei der Methode nach *Widmark*. Die Werte entsprechen vollständig denen von *Stuedel* und *Flössner*, die auch mit Hilfe der *Widmarkschen* Methode bestimmt wurden (0,027 auf 0,043‰), obwohl es sich dort um reine Kohlehydratnahrung handelt, während wir eine sehr fettreiche Kost gaben.

(Bei unserem obigen Versuch hatte auch nach 2 Stunden die Resorption nicht eingesetzt.)

Der Vergleich mit den Werten nach *Friedemann-Klaas* zeigt jedoch in unserem Falle deutlich, daß die Steigerung nicht auf einer Zunahme des Alkohols beruhen kann. Hier ist keine Vergrößerung der Werte zu bemerken (nüchtern 0,014‰ 3 Stunden nach der Mahlzeit 0,011‰). Wieder ist die deutliche Differenz zwischen *Widmark* und *Friedemann-Klaas* festzustellen.

|                                     | 2 Stunden | 3 Stunden |
|-------------------------------------|-----------|-----------|
| Nach <i>Widmark</i> . . . . .       | 0,017‰    | 0,045‰    |
| „ <i>Friedemann-Klaas</i> . . . . . | 0,005‰    | 0,011‰    |
| Differenz                           | 0,012‰    | 0,034‰    |

#### IV. Werte nach Genuß von frischen Früchten und Fruchtsäften.

Früchte und Fruchtsäfte stellen Nahrungsmittel dar, die besonders reich an flüchtigen Substanzen sind, Ketone, Fruchtsäuren und Frucht-ester, die den aromatischen Geschmack und Geruch des Obstes ausmachen. Es ist demnach auch zu erwarten, daß nach Fruchtgenuß der scheinbare Alkoholspiegel im Blut durch Resorption dieser Stoffe in die Höhe geht.

Im Jahre 1927 hat *Schwarz* darauf hingewiesen, daß nach eigenen Versuchen der Blutalkoholspiegel nach Fruchtgenuß stark ansteigt. Daran schließen sich Versuche von *Kohberg* an (1930), bei denen nach Genuß kleiner Mengen Traubensaft recht erhebliche Blutalkoholkonzentrationen angegeben werden.

1. Aufnahme von 180 ccm alkoholfreien Rotwein. Nach 2 Stunden 0,36‰ Alkohol.

2. Aufnahme von 180 ccm *alkoholfreien* Rotwein, nach  $2\frac{3}{4}$  Stunden  $0,47\text{‰}$  Alkohol.

3. Aufnahme von 120 ccm *alkoholfreien* Weißwein, nach  $1\frac{1}{2}$  Stunden Marsch 0,035% (Prozent) Alkohol. (Interferometrisch gemessen).

Es ist schwer vorzustellen, daß so geringe Quantitäten von Fruchtsäften (unter  $\frac{1}{4}$  l) imstande sein sollen, Veränderungen von solchen Ausmaßen hervorzurufen, wie es etwa dem Alkoholgehalt nach Genuß von 500 ccm mittleren Weins entspricht. Auch *Schwarzacher* gibt Werte bis  $0,47\text{‰}$  nach Obstgenuß an.

Vor kürzerer Zeit hat *Schückle* die *Widmarksche* Methode an menschlichem Blut nach Aufnahme großer Quantitäten frischen Obstes geprüft und gibt „Alkoholkonzentrationen“ bis zu 0,19% an. Eine seiner Versuchsanordnungen hat als Modell für unsere vergleichenden Untersuchungen gedient. Er gab 2225 g Apfelsinen und Mandarinen in der Zeit von 8—13 Uhr 30 Minuten, ohne Schalen gewogen und erhielt folgendes Ergebnis: Blutentnahme  $10^{10} = 0,09\text{‰}$ ;  $14^{40} = 0,10\text{‰}$ ;  $15^{10} = 0,13\text{‰}$ ;  $15^{40} = 0,16\text{‰}$  Alkohol.

Eigener Versuch. Versuchsperson B.

Aufnahme von 2500 g Apfelsinen, abzüglich 900 g Schalen und Kerne = 1600 g. Beginn der Aufnahme 6 Uhr. Ende 9 Uhr 30 Minuten.

Blutentnahmen: I. = 9 Uhr 30 Minuten, II. = 10 Uhr, III. = 10 Uhr 30 Min., IV. = 11 Uhr, V. = 12 Uhr.

| Methode                           | I. sofort | II. $\frac{1}{2}$ Std. | III. 1 Std.        | IV. $1\frac{1}{2}$ Std. | V. $2\frac{1}{2}$ Std. |
|-----------------------------------|-----------|------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| <i>Widmark</i> . . . . .          | 0,017     | 0,011                  | 0,057              | 0,079                   | 0,062                  |
| <i>Friedemann-Klaas</i> . . . . . | —         | —                      | 0,01 $\frac{1}{2}$ | 0,015                   | —                      |
| Differenz . . . . .               | —         | —                      | 0,046              | 0,064                   | —                      |

Werte in  $\text{‰}$ .

Die Höhe der *Schückleschen* Ergebnisse wurde bei der Untersuchung nach *Widmark* nicht erreicht, was an der geringeren Menge aufgenommenen Obstes und an individuellen Verschiedenheiten der Resorption und Verbrennungszeit liegen mag. Der Vergleich mit der Bestimmung nach *Friedemann-Klaas* bei III und IV zeigt jedoch mit Sicherheit, daß der Anstieg des Blutspiegels nicht auf einer Vermehrung des Alkohols beruhen kann, sondern daß es sich um die Zunahme anderer flüchtiger Substanzen gehandelt hat.

Bei einer Obstaufnahme, die sich über Stunden hinzieht, mag ein Teil der zu bestimmenden flüchtigen Substanzen schon während der Dauer des Essens verbrannt werden. Wir haben es darum vorgezogen, eine etwas kleinere Menge hintereinander essen zu lassen.

Versuchsperson B. 9—9 Uhr 30 Minuten Genuß von 10 mittelgroßen Bananen, Gewicht ohne Schale etwa 850 g.

Blutentnahme: I. = 1 Stunde nach Aufnahme, II. = 2 Stunden nach Aufnahme.

|                                   | nüchtern | 1 Stunde | 2 Stunden |
|-----------------------------------|----------|----------|-----------|
| <i>Widmark</i> . . . . .          | 0,023    | 0,085    | 0,023     |
| <i>Friedemann-Klaas</i> . . . . . | 0,014    | 0,043    | 0,008     |
| Differenz . . . . .               | 0,009    | 0,042    | 0,015     |

Werte in ‰.

Deutliche Steigerung des Gehaltes des Blutes an flüchtigen Substanzen 1 Stunde nach dem Fruchtgenuß, nach 2 Stunden Absinken auf die Norm. Starke Differenz zwischen den Werten nach *Widmark* und nach *Friedemann-Klaas*, aber nach 1 Stunde auch bei *Friedemann-Klaas* deutliche Steigerung.

Versuchsperson A: Genuß von 450 g Ananas und 1000 g Erdbeeren (Konserve) um 10 Uhr 45 Minuten.

Blutentnahme: I. = 11 Uhr 15 Min., II. = 11 Uhr 45 Min., III. = 12 Uhr 45 Min. (1/2, 1 und 1,5 Stunden nach Aufnahme).

|                                   | nüchtern | 1/2 Std. | 1 Std. | 1 1/2 Std. |
|-----------------------------------|----------|----------|--------|------------|
| <i>Widmark</i> . . . . .          | 0,034    | 0,029    | 0,046  | 0,062      |
| <i>Friedemann-Klaas</i> . . . . . | 0,014    | 0,009    | 0,014  | 0,024      |
| Differenz . . . . .               | 0,020    | 0,020    | 0,032  | 0,038      |

Werte in ‰.

Wiederum findet sich eine erhebliche Steigerung der Menge an flüchtigen Substanzen im Blut, deren Höhepunkt wie bei dem vorletzten Versuch bei 1,5 Stunden nach Beendigung der Obstaufnahme liegt. Deutliche Vermehrung nach *Widmark*, geringe nach *Friedemann-Klaas*.

Versuchsperson B. Genuß von 1000 g *alkoholfreiem* Traubensaft. Die Vermehrung des Blutalkoholgehaltes nach Genuß von Fruchtsäften wird häufig auf die in den Säften vorhandene geringe Alkoholmenge bezogen. Um den Gehalt des Traubensaftes an Alkohol festzustellen, wurde eine 10fache Verdünnung den beiden Untersuchungen unterworfen. Nach *Widmark* stellten wir einen Alkoholgehalt von 0,39% fest, nach *Friedemann-Klaas* einen solchen von 0,11%, es hat sich demnach in der getrunkenen Menge von 1000 ccm etwa 1 g Alkohol befunden, eine Menge, die sich kaum auf die Blutkonzentration auswirken konnte, da sich der Alkohol ja im gesamten Gewebe verteilt. Der sich nach *Widmark* ergebende Mehrgehalt ist wieder auf andere flüchtige Substanzen zu beziehen.

Bei der Bestimmung der Blutkonzentration ergaben sich wieder ähnliche Verhältnisse wie bei den oben beschriebenen Versuchen.

|                                   | nüchtern | 1 Stunde | 2 Stunden |
|-----------------------------------|----------|----------|-----------|
| <i>Widmark</i> . . . . .          | 0,023    | 0,045    | 0,040     |
| <i>Friedemann-Klaas</i> . . . . . | 0,014    | 0,014    | 0,016     |
| Differenz . . . . .               | 0,009    | 0,031    | 0,024     |

Werte in ‰.

#### V. Werte nach Genuß alkoholischer Getränke.

Das Verhältnis zwischen einer aufgenommenen bestimmten Menge Alkohol und ihrem Wiedererscheinen im Blutalkoholspiegel ist ein-

gehend erforscht und vielfach beschrieben worden, so daß eigentlich kein Zweifel darüber besteht, daß sich der genossene Alkohol bestimmt im Blut nachweisen läßt. *Widmark* hat einige Konstanten ( $r$  und  $\beta$ ) angegeben, die etwas über den Verteilungsquotienten von Alkohol im Blut zum gesamten Körper und über die Verbrennungsgeschwindigkeit im Organismus aussagen. Mit Hilfe dieser Konstanten sei es annähernd möglich, aus der Blutkonzentration die Gesamtmenge aufgenommenen Alkohols zu berechnen, wobei mit stark individuellen und geographischen Schwankungen gerechnet werden muß. Uns kam es lediglich darauf an zu prüfen, ob die mit dem alkoholischen Getränk aufgenommenen bzw. die im Körper gebildeten flüchtigen Substanzen, die Größe der Blutkonzentration in größerem Maße zu verschleiern vermögen. Zu diesem Zwecke stellten wir die folgenden beiden ergänzenden Versuche an.

1. Versuchsperson B: Aufnahme von 0,5 l hellen Bieres (etwa 20 g Alkohol). Subjektiv und objektiv waren keine psychischen und körperlichen Veränderungen zu beobachten. Ergebnis:

|                                   | nüchtern | nach 1 Std. | nach 2 Std. |
|-----------------------------------|----------|-------------|-------------|
| <i>Widmark</i> . . . . .          | 0,023    | 0,102       | 0,023       |
| <i>Friedemann-Klaas</i> . . . . . | 0,014    | 0,075       | 0,012       |
| Differenz . . . . .               | -0,009   | -0,027      | -0,011      |

Werte in ‰.

Der Höhepunkt der Blutkonzentration liegt nach 1 Stunde, nach 2 Stunden ist der Nüchternwert wieder erreicht, was auf der schnellen Verbrennung der geringen Menge Alkohol beruht. Die nach der *Widmarkschen* Methode bestimmte Konzentration liegt bei der zu erwartenden Höhe. Die Berechnung der aufgenommenen Menge mit Hilfe der *Widmarkschen* Konstanten ergibt eine Alkoholzufuhr zwischen 22 und 13 g. Aufgenommen wurden 20 g. Die nach den beiden Methoden ermittelten Werte liegen deutlich näher beisammen als nach Obstaufnahme. Durch die Alkoholgabe erfolgte nach *Widmark* eine Steigerung des Blutspiegels um 0,079‰, nach *Friedemann-Klaas* um 0,061‰; eine deutliche Differenz von 0,018‰ ist immerhin festzustellen. Bei der verhältnismäßig kleinen Alkoholgabe sind die miteingenommenen und im Körper gebildeten Mengen anderer flüchtiger Substanzen noch von Einfluß.

Anders liegen die Verhältnisse bei dem nächsten Versuch, bei dem die genossene Alkoholmenge größer war.

1. Versuchsperson A: Aufnahme von 1 l Weißwein (Bocksbeutel, selbstbestimmter Alkoholgehalt 7,90%) innerhalb von 15 Minuten aufgenommen.

Blutentnahme: I. = 1 Stunde, II. = 2 Stunden nach beendeter Aufnahme. Subjektiv und objektiv deutliche Zeichen eines leichten Rausches. Starke Euphorie, Unsicherheit in Gang und Sprache, späterhin starke Müdigkeit und Erbrechen. Ergebnis:

|                                   | nüchtern | nach 1 Std. | nach 2 Std. |
|-----------------------------------|----------|-------------|-------------|
| <i>Widmark</i> . . . . .          | 0,034    | 0,63        | 0,78        |
| <i>Friedemann-Klaas</i> . . . . . | 0,014    | 0,63        | 0,77        |
| Differenz . . . . .               | 0,020    | 0,00        | 0,01        |

Werte in ‰.

Auch hier entspricht die Blutkonzentration der zu erwartenden Höhe nach der *Widmarkschen* Berechnung. Berechnete Gesamtaufnahme zwischen 81 und 87 g, aufgenommene Menge 79 g. Bei der hier aufgenommenen Alkoholmenge gleichen sich die nach *Widmark* und *Friedemann-Klaas* bestimmten Blutalkoholkonzentrationen ziemlich vollständig, es ist tatsächlich alles, was nach *Widmark* bestimmt wurde, Alkohol.

Als letztes sei noch ein Versuch angefügt, der sich aus der Praxis ergab. Untersuchung von Blut, das bei der Obduktion eines Verkehrsverunglückten, der einer schweren Schädelfraktur erlag, gewonnen wurde. Der Verunglückte stand unter dem Verdacht größeren Alkoholkonsums.

Die Bestimmung nach *Widmark* ergab eine Alkoholkonzentration von  $2,64\text{‰}$ , die nach *Friedemann-Klaas* von  $2,65\text{‰}$ . Es ist keine Differenz festzustellen, es hat sich wohl sicher um Alkohol im Blut gehandelt.

#### *Zusammenfassung.*

Aus den hier angegebenen Versuchen läßt sich folgendes ersehen:

1. Die physiologisch im Blut vorkommende Menge flüchtiger Substanzen, die mit Hilfe der *Widmarkschen* Methode im Blut bestimmt wurden, ist wechselnd. Ihre Konzentration im Blut ist unter anderem von der Art und Menge vorangegangener Ernährung abhängig.

2. Die nach der Methode von *Friedemann-Klaas* festgestellten Mengen tatsächlichen endogenen Alkohols, wechseln in ihrer Konzentrationsgröße viel weniger. Sie bleiben in allen Fällen weit unter den nach *Widmark* gefundenen Mengen flüchtiger Substanzen, es ist also ein Fehler, die mit der *Widmarkschen* Methode bestimmten endogenen Stoffe als Alkohol zu bezeichnen, wie es bisher geschieht. Die Differenz zwischen den Bestimmungen nach den beiden Methoden ist ein gewisser Maßstab für die Menge der mitbestimmten flüchtigen Substanzen, über die absolute Quantität des Vorkommens sagt sie jedoch nichts aus, da sie ja sicher einen anderen Verbrauch an Oxydationsmittel haben als der Alkohol.

3. Es ist kein Zweifel, daß der nach großer Alkoholaufnahme mit der *Widmarkschen* Methode im Blut bestimmte Stoff Alkohol ist. Die spezifische und die unspezifische Methode zeigen keinen Unterschied des Ergebnisses. Werden die Alkoholgaben kleiner, so fallen jedoch die mit dem Getränk aufgenommenen oder endogen entstandenen anderen flüchtigen Substanzen mehr ins Gewicht, die Differenz zwischen beiden Bestimmungen wird erheblich größer.

Ist Alkohol aufgenommen, so wird er mit der *Widmarkschen* Methode wiedergefunden. Es ist noch nicht erlaubt, den umgekehrten

Schluß zu ziehen, d. h. gibt die *Widmarksche* Methode einen größeren Ausschlag, so handelt es sich sicher um genossenen Alkohol. Wir haben an einer kleinen Anzahl von Beispielen zeigen können, daß unter physiologischen alkoholfreien Bedingungen nicht alles Alkohol ist, was mit der *Widmarkschen* Methode bestimmt wird.

In unseren Fällen kamen wir zwar nie in Größen hinein, die auf einen bedeutenderen Alkoholgenuß hätten schließen lassen. Die wenigen Beispiele jedoch schließen nicht aus, daß unter abnormen oder pathologischen Bedingungen andere flüchtige Substanzen, wie wir sie bestimmt haben, in solchen Quantitäten entstehen, daß sie zu größeren Täuschungen Anlaß geben können.

Sicherheit darüber, ob die *Widmarksche* Methode tatsächlich für alle Fälle des täglichen Lebens ausreichend ist, könnte nur die konsequente Untersuchung des praktisch eingehenden Materials, oder größere Reihenvergleiche geben, nach beiden Methoden bestimmt. Eine große Anzahl von solchen Feststellungen aus der Praxis, vermöchten dann vielleicht eine Grenze zwischen der Vermehrung endogener, flüchtiger Substanzen und der durch Alkoholaufnahme bedingten Erhöhung des Blutalkoholspiegels zu ziehen.

#### Literaturverzeichnis.

- <sup>1</sup> *Le Breton*, La signification de l'Alcool Éthylique dans l'organisme. Lons-Le Saunier 1936. — <sup>2</sup> *Elbel*, Die wissenschaftliche Grundlage der Beurteilung von Blutalkoholbefunden. Leipzig: Georg Thieme 1937. — <sup>3</sup> *Friedemann* u. *Klaas*, J. of biol. Chem. **115**, 47—61 (1936). — <sup>4</sup> *Gorr* u. *Wagner*, Biochem. Z. **161**, 480 (1925). — <sup>5</sup> *Hinsberg*, Chemik.-Ztg **1938**, Nr 16/17, 145—147. — <sup>6</sup> *Jungmichel*, Alkoholbestimmung im Blut. Berlin 1933. — <sup>7</sup> *Kionka* u. *Hirsch* (2. Mitt.), Arch. f. exper. Path. **1934**, Nr 103, 282—297. — <sup>8</sup> *Kühn* (1. Mitt.), Ebenda **1934**, Nr 103, 295—317. — <sup>9</sup> *Kratz*, Chemik.-Ztg **1937**, Nr 66, 670; **1938**, Nr 16/17, 198. — <sup>10</sup> *Lehnartz*, Chem. Physiologie. Berlin: Julius Springer 1937. — <sup>11</sup> *Kohberg*, Z. gerichtl. Med. **15**, 75 (1930). — <sup>12</sup> *Schwarz*, Ebenda **10**, 377 (1927). — <sup>13</sup> *Schwarzacher*, Ebenda **21**, 302 (1936). — <sup>14</sup> *Schückle*, Wien. klin. Wschr. **1937**, 1150, Nr 31. — <sup>15</sup> *Studel-Flössner*, Z. exper. Med. **98**, 451—454. — <sup>16</sup> *Wrede*, Chemik.-Ztg **1937**, Nr 66, 669—670. — <sup>17</sup> *Widmark*, Biochem. Z. **131**, 473—484 (1922). — <sup>18</sup> *Widmark*, Biochem. Z. **218**, 465—467 (1930). — <sup>19</sup> *Widmark*, Chemik.-Ztg **1937**, Nr 96, 942.