

# Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr

Heft

**86**

1992

## **Beweissicherheit der Atemalkoholanalyse**

## **Gutachten des Bundesgesundheitsamtes**

Von Günter Schoknecht  
unter Mitarbeit von  
Klaus Fleck und Bernd Kophamel-Röder

Bundesgesundheitsamt  
Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie  
Zentrale Einrichtung Medizinische Physik und Medizintechnik, Berlin

Herausgegeben  
im Auftrag des Bundesministers für Verkehr  
von der Bundesanstalt für Straßenwesen

In der Schriftenreihe **Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr** werden Ergebnisse aktueller Forschungsvorhaben veröffentlicht.

Es wird darauf hingewiesen, daß die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Falle die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Die Hefte der Schriftenreihe »Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr« können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Am Alten Hafen 115, 2850 Bremerhaven 1, bezogen werden.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen.

Außer der Reihe »Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr« werden noch folgende Veröffentlichungsreihen herausgegeben, in denen über Forschungen aus dem Bereich des Bundesministers für Verkehr berichtet wird:

- Schriftenreihe
- Forschung Stadtverkehr
- Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik
- Straßenverkehrszählungen

**Herausgeber:**  
Bundesanstalt für Straßenwesen  
Referat Öffentlichkeitsarbeit  
Brüderstraße 53, 5060 Bergisch Gladbach 1  
Telefon (022 04) 430, Telex 8878 483 bas d, Telefax (022 04) 43832

**Projektbetreuung:**  
Elvira Kretschmer-Bäumel

**Redaktion:**  
Dr. Konrad Murr, Iris Schneidermann

**Druck und Verlag:**  
Wirtschaftsverlag NW  
Verlag für neue Wissenschaft GmbH  
Postfach 10 11 10  
D-2850 Bremerhaven 1  
Telefon (0471) 46093-95  
Telefax (0471) 427 65

ISSN 0170-6624  
ISBN 3-89429-161-3

## Vorwort

Alkohol im Straßenverkehr ist immer noch eine der häufigsten Unfallursachen. Ihre Bekämpfung zählt zu den wichtigsten Aufgaben der Verkehrssicherheitsarbeit. Hierzu sind wirksame Alkoholkontrollen unerlässlich. Deshalb hat die Bundesregierung auch in ihrem Verkehrssicherheitsprogramm 1984 zugesagt, den möglichen Einsatz von Atemalkoholanalyse-Geräten – nicht nur zum Vortest, sondern auch als allein ausreichendes Beweismittel vor Gericht – zu prüfen. Mit dem vorliegenden Gutachten des Bundesgesundheitsamtes zur Beweissicherheit der Atemalkoholanalyse vom April 1991 stehen nunmehr die Grundlagen und Anforderungen für derartige Geräte zur Verfügung. Sie entsprechen auch den strengen Maßstäben, die von der Rechtsprechung aufgestellt wurden. Das Verfahren der Atemalkoholanalyse ist gegenüber der Blutprobe weniger aufwendig und zeitsparender, so daß eine spürbare Verbesserung bei der Alkoholüberwachung und eine Erhöhung der Kontrolldichte zu erwarten sind. Auch ist für den Betroffenen die Atemprobe weit weniger eingreifend und belastend als die Blutprobe. In einer Anzahl von Staaten ist die Atemalkoholanalyse als forensischer Beweis bereits anerkannt. Ich werde mich dafür einsetzen, daß auch in Deutschland jetzt möglichst rasch die gesetzlichen Voraussetzungen geschaffen werden.

Prof. Dr. Günther Krause  
Bundesminister für Verkehr

## Kurzfassung · Abstract · Résumé

### **Beweissicherheit der Atemalkoholanalyse – Gutachten des Bundesgesundheitsamtes**

In Umsetzung von Vorschlägen im Verkehrssicherheitsprogramm der Bundesregierung von 1984 und der Resolution der Europäischen Konferenz der Innenminister 1980 erklärte die Bundesregierung die Absicht, einen Prüfauftrag zu erteilen, ob elektronische Atemalkohol-Testgeräte in Zukunft an die Stelle der von den Gerichten geforderten Blutprobe treten können. – Die Untersuchungen zeigten, daß verschiedene der auf dem Markt befindlichen Atemmeßgeräte die von der Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) formulierten Anforderungen an beweissichere Meßgeräte erfüllen. Diese internationalen Anforderungen reichen jedoch nicht aus, um den in der Bundesrepublik Deutschland zu stellenden Anforderungen zu genügen, die sich aus dem Vergleich mit der Blutalkoholanalyse ergeben.

So ist aus physikalischen Gründen und zur Vermeidung gezielter Meßwertbeeinflussung die Berücksichtigung der Atemtemperatur unerlässlich. Auch die Vorgabe geschlechts- und altersspezifischer Minimalvolumina ist zur sicheren Erfassung von Alveolarluft notwendig. Die erforderliche Meßsicherheit und der Ausschluß einer Fremdbeeinflussung kann durch Anwendung von zwei Meßsystemen mit unterschiedlicher analytischer Spezifität gewährleistet werden. Über das Meßergebnis muß ein weitgehend automatisch erzeugtes Protokoll Auskunft geben, das auch die notwendigen Informationen für ein Sachverständigengutachten enthält.

Aufgrund von Trinkversuchen und Praxistests lassen sich Grenzwerte für die Atemalkoholmessung in mg Ethanol/l Atemluft angeben, die den bestehenden Blutalkoholgrenzwerten entsprechen. Infolge der fehlenden durchgängigen Konvertierbarkeit von Atem- in Blutalkoholkonzentrationen sind die Grenzwerte von der Wahrscheinlichkeit abhängig, mit der aus Akzeptanzgründen ein Atemalkoholwert kleiner als ein gleichzeitig gemessener Blutalkoholwert sein soll.

Von seiten des Bundesgesundheitsamtes wird eine Wahrscheinlichkeitsvorgabe von 75% und eine Erweiterung des § 24a StVG zur Berücksichtigung des Atemalkoholgrenzwertes vorgeschlagen.

### **Validity of the Breath Alcohol Analysis as Admissible Evidence in Court – Opinion of the Federal Health Office –**

Following the proposals made in the 1984 Road Safety Programme of the federal government and the 1980 Resolution of the European Conference of Ministers of the Interior, the federal government declared its intent of commissioning research into the possibility of electronic breath alcohol testers being used as admissible evidence in court in future instead of the current blood test (BAC).

The research findings revealed that various commercial breath-alcohol testers satisfy the requirements for measuring devices providing evidence of probative value, as formulated by the Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML). Compared with the BAC analysis, these international requirements, however, do not adequately satisfy German requirements.

For physical reasons and to avoid undesirable effects on the test results, it is absolutely required that breath temperatures be taken into consideration. Requirements in respect of sex and agespecific minimum breath volumes are also necessa-

ry to ensure that alveolar air is measured. Two test systems employing different results must be accompanied by a largely computer-generated protocol explaining not only the results but also yielding the information required for expert opinions.

The breath-alcohol limit values (in mg ethanol/l respiratory air) obtained based on drinking tests and practical testing are found to be equivalent to the existing BAC limit values. Due to the fact that breath alcohol concentrations cannot be converted into blood alcohol concentrations over the whole range of values, the limit values are subject to the probability – according to general acceptance – of a breath alcohol value being smaller than an simultaneously measured BAC. The Federal Health Office has proposed a probability of 75% and extension of Section 24a of the Road Traffic Act for the consideration of the breath alcohol limit value.

### **Validité de l'analyse de la teneur en alcool de l'haleine – Expertise de l'Office fédéral de la santé**

Faisant suite à des propositions qui figurent dans le Programme de sécurité routière établi par le Gouvernement fédéral en 1984 et à la résolution prise par la Conférence Européenne des Ministres de l'Intérieur en 1980, le Gouvernement fédéral a déclaré son intention de faire étudier les possibilités de remplacer les prises de sang, toujours la seule preuve légale acceptée par les tribunaux, par l'emploi d'éthylomètres (appareils d'analyse électronique de la teneur en alcool de l'haleine).

Les études ont prouvé que plusieurs types d'éthylomètres répondent aux exigences formulées à l'égard de la force probante par l'Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML). Ces demandes internationales ne satisfont cependant pas aux exigences imposées en République fédérale qui s'appuient sur la comparaison avec l'analyse du taux d'alcoolémie dans le sang.

Pour des raisons physiques et afin d'éviter qu'une influence soit exercée sur les valeurs de mesure, il est indispensable de prendre en considération la température de l'haleine. L'exigence d'un volume minimal d'haleine en fonction du sexe et de l'âge se revêt également nécessaire pour garantir une mesure probante de l'air alvéolaire. L'exactitude requise de la mesure et l'élimination d'une éventuelle influence de gaz étranger peuvent être assurées par la mise en œuvre de deux systèmes de mesure présentant de différentes spécificités analytiques. Le résultat doit être documenté par un protocole établi largement par l'ordinateur, contenant aussi les informations nécessaires pour l'établissement d'une expertise.

Des valeurs limite pour la teneur en alcool de l'haleine (mg d'éthanol par litre d'air expiré), correspondant aux valeurs limite du taux d'alcoolémie dans le sang, peuvent être déterminées à base de tests de boire et d'essais pratiques. Etant donné que l'on ne peut pas tout simplement convertir le taux d'alcoolémie par l'air expiré en taux d'alcoolémie du sang, les valeurs limite dépendent de la probabilité avec laquelle, selon l'acceptation générale, le taux d'alcoolémie de par l'air expiré est inférieur à celui du sang mesuré simultanément. L'Office fédéral de la santé propose une probabilité de 75% et un élargissement du paragraphe 24a du Code de la Route allemand en vue d'une prise en considération de la valeur limite pour le taux d'alcoolémie par l'air expiré.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	<b>6</b>	<b>Anhang</b> . . . . .	<b>23</b>
<b>2</b>	<b>Ist das Atemalkoholkonzentrations- Testverfahren so ausgereift, daß es nicht nur als Vortest, sondern auch für die forensische Praxis geeignet ist?</b> . . . . .	<b>7</b>	<b>Anhang zu Kapitel</b>	
2.1	Beurteilungskriterien . . . . .	7	2.3 Richtigkeitsprüfungen . . . . .	23
2.2	Geprüfte Geräte und Prüfverfahren . . . . .	8	2.4 Bestimmung der Meßpräzision . . . . .	24
2.3	Richtigkeit . . . . .	8	2.5 Bestimmung der Drift . . . . .	24
2.4	Präzision . . . . .	9	2.6 Hysteresisprüfungen . . . . .	25
2.5	Kurz- und Langzeitstabilität . . . . .	9	3.2 Richtwerte für das Atemvolumen . . . . .	26
2.6	Hysteresis . . . . .	9	3.3 Erläuterungen zur Atemtemperaturmessung . . . . .	26
2.7	Beurteilung der Zuverlässigkeit . . . . .	9	3.5 Bestimmung der Meßpräzision bei Probandenmessungen . . . . .	27
<b>3</b>	<b>Welche Voraussetzungen müßten ggf. zur Sicherung der größtmöglichen Zuverlässigkeit der Meßmethode im allgemeinen und ihres Ergebnisses im Einzelfall erfüllt sein?</b> . . . . .	<b>10</b>	3.6 Messung der AAK mit Systemen unter- schiedlicher analytischer Spezifität . . . . .	28
3.1	Grundvoraussetzungen . . . . .	10	4.2 Probandenauswahl und Ergebnisse bei Laboratoriums-Trinkversuchen . . . . .	28
3.2	Erfassung von Alveolarluft . . . . .	10	4.4 Wahrscheinlichkeitsberechnungen zum Vergleich von AAK und BAK . . . . .	30
3.3	Messung der Atemtemperatur . . . . .	11	<b>6 Begriffsbestimmungen</b> . . . . .	<b>31</b>
3.4	Meßverfahren . . . . .	12	<b>7 Literatur</b> . . . . .	<b>32</b>
3.5	Meßsicherheit . . . . .	13		
3.6	Analytische Spezifität . . . . .	13		
3.7	Anzeigen und Meßwertausdruck . . . . .	14		
<b>4</b>	<b>Können neben den derzeit in Gesetzen, Verwaltungsvorschriften und Recht- sprechung fixierten Blutalkoholgrenzwerten eigene Meßgrößen und Grenzwerte für die Atemalkoholkonzentration bestimmt werden?</b> . . . . .	<b>14</b>		
4.1	Festlegung der Meßgröße für die Atemalkoholanalyse . . . . .	14		
4.2	Schema der Trinkversuche . . . . .	15		
4.3	Bestimmung des AAK-BAK-Verhältnisses in der Eliminationsphase . . . . .	16		
4.4	Auswertung der Laboratoriums- Trinkversuche . . . . .	17		
4.5	Auswertung der Praxistests . . . . .	18		
4.6	Vergleich von AAK und BAK nach Ergebnissen der Trinkversuche . . . . .	19		
4.7	Annahmen zur Festlegung von AAK-Grenzwerten . . . . .	19		
4.8	Vorschläge für AAK-Grenzwerte . . . . .	20		
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> . . . . .	<b>21</b>		
5.1	Ergebnisse . . . . .	21		
5.2	Zusammenhänge zwischen Atem- und Blutalkoholanalytik . . . . .	22		
5.3	Folgerungen . . . . .	22		

## 1 Einleitung

Bereits seit vielen Jahren stellt die Bestimmung des Alkoholgehalts der Atemluft ein Verfahren dar, welches dazu beitragen kann, den Anteil alkoholisierter Kraftfahrer am Straßenverkehr zu reduzieren und damit der Erhöhung der Verkehrssicherheit zu dienen. Während ein Atemalkoholtest in der Bundesrepublik Deutschland noch immer lediglich als Vortest erfolgt, und das Testergebnis kein endgültiges Beweismittel darstellt, ist die Atemalkoholanalyse in zahlreichen anderen Ländern bereits forensisch anerkannt. Sie hat die Blutalkoholanalyse dort weitgehend verdrängt. Die Tendenz zur Atemalkoholanalyse ist international zu beobachten und betrifft auch mehrere Staaten der Europäischen Gemeinschaft bzw. Nachbarländer wie Großbritannien, Frankreich, die Niederlande, Österreich und seit kurzem auch Italien (s. FLECK, SCHOKNECHT 1990).

Ausgehend von dieser Entwicklung im Ausland und in dem Bestreben, die Zahl der Verkehrstoten, -verletzten und -unfälle, die durch alkoholisierte Verkehrsteilnehmer verursacht sind, durch einfach zu handhabende Meßmethoden für die Verkehrsüberwachung zu senken, wurde immer wieder angeregt, die Atemalkoholanalyse auch in der Bundesrepublik Deutschland in die polizeiliche Praxis einzuführen. Hierum bemühte sich im Auftrag der Polizeien der Länder maßgeblich die Forschungs- und Entwicklungsstelle für Polizeitechnik (FESTPt) bei der Polizei-Führungsakademie (s. BRACKEMEYER 1978, 1982; LEHMANN, BRACKEMEYER 1985). Entscheidender Beweggrund hierfür war neben der Wahrung der körperlichen Unversehrtheit bei grundsätzlichem Wegfall der Blutentnahme vor allem die Annahme eines wesentlich verminderten organisatorischen Aufwandes und damit die Schnelligkeit, mit der ein Alkoholanalyseergebnis zu gewinnen ist. Hiermit sollen verkehrspolizeiliche Maßnahmen zur Reduzierung der Hauptunfallursache Alkohol verbessert werden (s. Verkehrssicherheitsprogramm der Ständigen Konferenzen der Innenminister/-senatoren der Länder (IMK) von 1972 und das Verkehrssicherheitsprogramm 1984 der Bundesregierung). Daneben erscheint es im Hinblick auf die angestrebte Harmonisierung der rechtlichen Situation in den einzelnen Ländern der Europäischen Gemeinschaft wünschenswert, einheitliche Verfahren für Alkoholkontrollen im Straßenverkehr zu haben.

So empfahl die Europäische Konferenz der Verkehrsminister in einer Resolution 1980 den Mitgliedsländern, die erforderlichen Gesetzesänderungen zur Einführung der Atemalkoholanalyse unter Anwendung standardisierter Geräte vorzubereiten.

Aufbauend auf den bis dahin von der FESTPt zusammengetragenen Erkenntnissen und der von den Länderpolizeien gesammelten praktischen Erfahrung mit Vortestgeräten ging der entscheidende Vorstoß 1983 von der Technischen Kommission aus. Die Technische Kommission, in der die technischen Referenten der Polizeien des Bundes und der Länder vertreten sind, empfahl der IMK

- das Bundesgesundheitsamt zu beauftragen, für die Atemalkoholkonzentration unter Berücksichtigung der derzeit geltenden Grenzwerte eine eigene Meßgröße zu bestimmen,
- den Bundesminister der Justiz um Prüfung zu bitten, ob die Atemalkoholkonzentration als gerichtsverwertbarer

Beweis für die Fahruntüchtigkeit eingeführt werden könnte,

- die Eichfähigkeit von Infrarot-Atemalkoholmeßgeräten durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt feststellen zu lassen.

Dieser Vorgehensweise stimmte die IMK 1984 zu.

Unterstützung fanden diese Vorschläge im Verkehrssicherheitsprogramm 1984 der Bundesregierung. In Umsetzung der Resolution der Europäischen Konferenz der Verkehrsminister erklärte die Bundesregierung die Absicht zu prüfen, ob im Interesse einer die Kraftfahrer weniger belastenden Überwachung der Einsatz elektronischer Atemalkohol-Testgeräte in Zukunft an die Stelle der von den Gerichten geforderten Blutprobe treten kann.

Trotzdem verzögerte sich die Umsetzung der Empfehlung insbesondere durch Fragen der Finanzierung. Erst nachdem die IMK die Forderungen 1987 nochmals formulierte und Aussagen zur Finanzierung machte, konnte durch den Bundesminister für Verkehr und die Bundesländer über die Bundesanstalt für Straßenwesen in Realisierung der Beschlüsse dem Bundesgesundheitsamt der Gutachtauftrag „Prüfung der Beweissicherheit der Atemalkoholanalyse“ erteilt werden.

Mit der Thematik der Alkoholbestimmung in der Atemluft befaßte sich das Bundesgesundheitsamt erstmalig in einer „Ergänzenden Stellungnahme (BGA 1967)“ zum Gutachten „Alkohol bei Verkehrsstraftaten (BGA 1966)“. Eine genauere Betrachtung der Möglichkeiten des Einsatzes von Atemalkoholmeßgeräten für forensische Zwecke und der hierfür notwendigen Bedingungen erfolgte dann einige Jahre später in einem Bericht (LUNDT 1973) sowie im 2. Gutachten des Bundesgesundheitsamtes „Alkohol und Straßenverkehr (LUNDT 1977)“. In der Folge setzte eine stürmische Entwicklung von Geräten zur Atemalkoholmessung ein. Aufgrund dieser internationalen Entwicklung veranlaßte der Bundesverkehrsminister das Bundesgesundheitsamt zu einer weiteren Stellungnahme, welche die Prüfung der Meßgenauigkeit der damals erhältlichen elektronischen Meßgeräte zum Ziel hatte (SCHOKNECHT 1981). Sämtliche Geräte erwiesen sich als für forensische Zwecke ungeeignet, da die gewünschten exakten Schlüsse von der Atemalkoholkonzentration (AAK) auf die Blutalkoholkonzentration (BAK) mit der zu fordernden Genauigkeit nicht möglich waren.

Bei dem hier vorliegenden Gutachten zur Prüfung der Beweissicherheit der Atemalkoholanalyse ist die Tatsache entscheidend, daß keine konstante Beziehung zwischen venöser Blutalkohol- und Atemalkoholkurve existiert, eine direkte Konvertierbarkeit der Werte also entfällt (GRÜNER 1985). Demzufolge ist es auch nicht möglich, für Atemalkoholanalysen die in der Blutalkoholanalytik übliche Einheit Gramm Promille (g/100) zu übernehmen, sondern es ist eine eigene Meßgröße, die Ethanolkonzentration in der Atemluft (mit der Einheit mg Ethanol pro l Atemluft = mg/l) einzuführen. Obwohl beide Methoden eine alkoholbedingte Beeinträchtigung der Fahrsicherheit objektivieren sollen, muß die Atemalkoholanalytik unabhängig von der Blutalkoholanalytik betrachtet werden. Eine Bestimmung des Ethanolgehalts der Atemluft darf deshalb nicht dazu benutzt werden, quantitative Aussagen zur BAK zu machen (vergl. hierzu STAAK, BERGHAUS 1986). Eine als beweissicher anzusehende Atemalkoholanalytik würde die bestehende Blutalkoholanalytik zwar nicht überflüssig machen, aber sie würde in vielen Fällen an deren Stelle treten.

Unter Berücksichtigung dieser Tatsachen erfolgte die Bearbeitung des vorliegenden Gutachtauftrages, welcher im einzelnen die folgenden Fragestellungen umfaßt:

1. Ist das Atemalkoholkonzentrations-Testverfahren so ausgereift, daß es nicht nur als Vortest, sondern auch für die forensische Praxis geeignet ist?
2. Welche Voraussetzungen müßten ggf. zur Sicherung der größtmöglichen Zuverlässigkeit der Meßmethode im allgemeinen und ihres Ergebnisses im Einzelfall erfüllt sein?
3. Können neben den derzeit in Gesetzen, Verwaltungsvorschriften und Rechtsprechung fixierten Blutalkoholgrenzwerten eigene Meßgrößen und Grenzwerte für die Atemalkoholanalyse bestimmt werden?

Zur Unterstützung der Arbeiten an dem Forschungsauftrag wurde eine projektbegleitende Kommission gebildet.

#### **Mitglieder der Kommission:**

Prof. Dr. jur. Dr. med. A. Arbab-Zadeh (Institut für Rechts- und Verkehrsmedizin der Universität Witten/Herdecke)  
 Dipl.-Ing. U. Brackemeyer (Polizeiführungsakademie, Münster)  
 Dir. u. Prof. Dr. med. B. Friedel (Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach)  
 Prof. Dr. med. O. Grüner (Abteilung Rechtsmedizin der Universität Kiel)  
 Prof. Dr. H.-P. Krüger (Psychologisches Institut der Universität Würzburg)  
 Dir. u. Prof. Dr. W. Richter (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig)  
 Vizepräsident des BGH H. Salger (Bundesgerichtshof, Karlsruhe)  
 Ltd. Polizeidirektor S. Schadwinkel (Niedersächsisches Innenministerium, Hannover; jetzt: Polizeidirektion Braunschweig)

#### **Ständige Gäste:**

Frau Oberregierungsrätin Dipl.-Soz. E. Kretschmer-Bäumel (Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach)  
 Ministerialrat H. Janiszewski (Bundesministerium der Justiz)  
 Regierungsdirektor Th. Kohl (Bundesministerium für Verkehr) sowie Vertreter der folgenden weiteren Bundesministerien:  
 Bundesministerium für Inneres  
 Bundesministerium für Gesundheit

#### **Den Vorsitz der projektbegleitenden Kommission führte:**

Dir. u. Prof. Prof. Dr. G. Schoknecht (Bundesgesundheitsamt, Berlin)

#### **Die Schriftführung hatte:**

Herr K. Fleck (Bundesgesundheitsamt, Berlin)

Im Zeitraum vom 1. Sept. 1987 bis zur Fertigstellung des Gutachtens fanden fünf Sitzungen der projektbegleitenden Kommission statt, bei denen richtungweisende Entscheidungen für die Bearbeitung des Gutachtauftrages im Bundesgesundheitsamt gefaßt wurden.

Aufgrund eines Beschlusses der projektbegleitenden Kom-

mission wurde eine Arbeitsgruppe gegründet, die die Bundesrepublik Deutschland bei der Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML), Arbeitsgruppe (SP30-Sr13: Evidential Breath Analysers) vertritt. Die Aufnahme der Bundesrepublik Deutschland als Mitglied der internationalen Arbeitsgruppe erfolgte im Mai 1989 in Paris. Der deutschen Arbeitsgruppe gehören neben Mitgliedern der projektbegleitenden Kommission Vertreter deutscher Hersteller von Atemalkoholmeßgeräten an.

Im Verlauf der Bearbeitung des Gutachtauftrages sind im Bundesgesundheitsamt eine Reihe von Veröffentlichungen entstanden (s. Literaturverzeichnis), um die Öffentlichkeit unverzüglich über wesentliche Arbeitsergebnisse zu informieren und um die fachliche Diskussion anzuregen. Der Inhalt dieser Veröffentlichungen wird nicht in detaillierter Form in diesem Gutachten wiederholt.

## **2 Ist das Atemalkoholkonzentrations-Testverfahren so ausgereift, daß es nicht nur als Vortest, sondern auch für die forensische Praxis geeignet ist?**

### **2.1 Beurteilungskriterien**

Um die gestellte Frage zu beantworten, müssen Kriterien für Prüfungen vorgegeben werden, nach denen der technische Stand von Atemalkoholmeßgeräten zu beurteilen ist. Liegen die Kriterien fest, so ist an verfügbaren Atemalkoholmeßgeräten exemplarisch die Erfüllung der gestellten Anforderungen zu prüfen. Auf diese Weise ist der Nachweis zu führen, ob es heute technisch möglich ist, Atemalkoholmeßgeräte herzustellen, die vorgegebene Grunderfordernisse erfüllen. Bei der Prüfung von Meßgeräten ist zwischen Prüfungen zur Qualität von Atemalkoholbestimmungen (Zuverlässigkeits- bzw. Reliabilitätsprüfungen) und Prüfungen zur Bauart bestimmter Gerätetypen zu unterscheiden. Die letztgenannten Prüfungen können nicht Gegenstand des Gutachtens sein, da eine Erarbeitung umfassender Bauartvorschriften erst aufgrund der im Gutachten erhobenen Anforderungen möglich ist.

Als Beurteilungskriterien für Zuverlässigkeitsprüfungen bieten sich die Empfehlungen der Organisation Internationale de Métrologie Légale an, die gegenwärtig (Anfang 1991) nur in vorläufiger Fassung vorliegen (OIML 1988). Als Mitgliedsstaat der OIML, speziell der OIML-Arbeitsgruppe über „Evidential Breath Analysers“ (SP30-Sr13), ist die Bundesrepublik Deutschland aufgefordert, sich an die internationalen Empfehlungen zu halten. Darüber hinaus geltende nationale Regelungen sind möglich, soweit sie nicht im Widerspruch zu den internationalen Anforderungen stehen. Die OIML-Empfehlungen beziehen sich ausschließlich auf Atemalkoholmeßgeräte, die als beweissicher einzustufen sind und nicht auf sogenannte Vortestgeräte. Obwohl bei den Empfehlungen hauptsächlich an Geräte gedacht ist, die auf dem Prinzip der Infrarotabsorption beruhen, beschränken sich die aufgeführten Prüfkriterien nicht auf Infrarotmeßgeräte, sondern lassen auch andere Meßprinzipien zu, allerdings mit der Maßgabe, daß Modifikationen der Empfehlungen notwendig werden können.

Bei Atemalkoholmeßgeräten handelt es sich ausschließlich



um elektronische Meßgeräte, die den Anforderungen der Richtlinie für elektronische Meßgeräte an die Bauart unterliegen. Für derartige Meßgeräte sind allgemeine Anforderungen in einem International Document No. 11 (OIML-DI11 1986) zusammengefaßt. Auch in den vorläufigen OIML-Empfehlungen (1988) sind verschiedene Forderungen an die Bauart der Atemalkoholmeßgeräte (aus OIML-DI11 1986 entnommen) enthalten. Es handelt sich dabei vorwiegend um Fragen der Meßwertanzeige, der Sicherheit, der Funktionskontrolle, der Kalibrierung und der Meßbedingungen.

Die Prüfung von Meßgeräten besteht grundsätzlich in der Untersuchung, ob bestimmte vorgegebene Fehlergrenzen (s. DIN 1319 Teil 3) eingehalten werden. Dabei unterscheiden sich die festzulegenden Fehlergrenzen nach der gestellten Anforderung. Die OIML unterscheidet prinzipiell (die Formulierungen in dem vorläufigen Entwurf OIML 1988 sind dabei noch widersprüchlich) zwischen

- Fehlergrenzen unter Betriebsbedingungen:  
Einflußgrößen (wie z. B. Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck usw.) können bei der Prüfung in festgelegten Bereichen schwanken.
- Fehlergrenzen unter Referenzbedingungen:  
Eine Kombination bestimmter Werte der Einflußgrößen ist bei der Prüfung vorgegeben.

Zu den Fehlergrenzen unter Betriebsbedingungen gehören auch die Eichfehlergrenzen, welche für die Gewährleistung der Meßsicherheit entscheidend sind. Die Fehlergrenzen unter Referenzbedingungen sind für die Beurteilung der Meßgeräte bei der Bauartprüfung maßgebend.

Die in den Vorschlägen der OIML (1988) genannten maximalen Fehler für neue oder reparierte Geräte (maximum permissible errors for new or repaired instruments) entsprechen nach Auffassung der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt den Fehlergrenzen unter Betriebsbedingungen, während die maximal zulässigen Fehler für im Einsatz befindliche Geräte (maximum permissible errors for instruments in service) den im Eichwesen verwendeten Verkehrsfehlergrenzen entsprechen. Die Untersuchung der Meßgeräte auf Einhaltung bestimmter Verkehrsfehlergrenzen ist ebenfalls nicht Gegenstand des Gutachtens.

Zu den zu prüfenden Eigenschaften, die für die Zuverlässigkeit (Reliabilität) von Atemalkohol-Meßgeräten entscheidend sind, gehören

- Richtigkeit
- (Meß-) Präzision
- Kurzzeitstabilität
- Langzeitstabilität
- Hysteresis
- Analytische Spezifität

Die zur Prüfung der Zuverlässigkeit von Atemalkoholmeßgeräten erforderlichen Untersuchungen setzen keine Messungen an Probanden voraus. Sie können sich auf Messungen an Atemtest-Simulatoren beschränken.

## 2.2. Geprüfte Geräte und Prüfverfahren

Um eine Beschränkung auf das gegenwärtig weit verbreitete Infrarot (IR)-Verfahren zu vermeiden, wurden Geräteprüfungen auch an einem Gerät vorgenommen, das mit einer Brennstoffzelle ausgerüstet war. In Tab. 1 sind wesentliche Angaben über die geprüften Geräte zusammengestellt. Die Prinzipien der Geräte zur Messung der AAK sind von SLEMEYER (1985) dargestellt worden.

Gerätebezeichnung	Hersteller	Meßprinzip	Wellenlänge	Anzeigeeinheit
Alcomat FA 113	Siemens AG	IR	9,2 $\mu\text{m}$	mg/l
Alcotest 7110	Drägerwerke AG	IR	9,4 $\mu\text{m}$	Promille
Alcometer EBA	Lion Lab. Ltd.	Brennstoffzelle		Promille
Alcomat A 11	Siemens AG	IR	3,4 $\mu\text{m}$	Promille

Tab. 1: Angaben über die geprüften Atemalkoholmeßgeräte

An den drei in Tabelle 1 erstgenannten Geräten wurden alle in Abschnitt 2.1 genannten Eigenschaften geprüft. Dagegen beschränkten sich die Prüfungen am Alcomat A 11 auf die Richtigkeit und – wegen des unterschiedlichen Spektralbereiches, der für die Messungen benutzt wird – auf die analytische Spezifität.

Auch bei den Meßgeräten, die das Ergebnis in der Einheit Promille anzeigen, handelt es sich natürlich um einen Atemalkohol-Meßwert und nicht – wie fälschlicherweise angenommen werden könnte – um einen Blutalkohol-Meßwert.

Um alle Angaben über die AAK in vergleichbaren Einheiten angeben zu können, wurden die in Promille angegebenen Ergebnisse entsprechend den Herstellerangaben mit einem Faktor (1/2,1) in die Einheit Milligramm Ethanol pro Liter Atemluft (mg/l) zurückgerechnet.

Für die Geräteprüfungen kam ein dreistufiger Atemtest-Simulator (SCHOKNECHT, KOPHAMEL 1988) zur Anwendung. Bei allen hier beschriebenen Messungen war die Temperatur des Atemtest-Simulators auf 34° C eingestellt. Das Problem der Temperaturabhängigkeit der Meßergebnisse kann daher bei diesen Untersuchungen unberücksichtigt bleiben.

Alle Untersuchungen fanden ohne Eingriffe in die Meßgeräte statt. Die von dem Atemtest-Simulator gelieferten Prüfgase wurden über den Atemgasschlauch den Meßgeräten zugeführt. Der bei einigen Geräten vorhandene spezielle Testgas-eingang fand keine Anwendung.

## 2.3 Richtigkeit

Die Grenzen der zulässigen systematischen Abweichungen sind gemäß OIML (1988) für verschiedene AAK-Bereiche unterschiedlich. Unter 0,4 mg/l ist eine absolute Abweichung und für höhere Konzentrationen eine relative zulässige Abweichung vorgegeben (s. Tab. 2).

AAK mg/l	maximal zulässige Abweichung
< 0,400	0,020 mg/l
$\geq 0,400$ bis < 1,000	5%
$\geq 1,000$ bis < 2,000	10%
$\geq 2,000$	20%

Tab. 2: Zusammenstellung der Zuverlässigkeitsanforderungen in Form der maximal zulässigen Abweichungen

Die Ergebnisse der Richtigkeitsprüfungen (vergl. SCHOKNECHT, FLECK, KOPHAMEL 1989) an den verschiedenen Geräten sind im Anhang 2.3 zusammengestellt. Sie zeigen, daß sich die vorgegebenen Grenzen in allen Fällen einhalten lassen, wenn auf Unterkalibrierungen verzichtet wird. Allerdings ergibt sich beim Alcotest 7110, daß alle Meßwerte eine

konstante Abweichung von  $-0,02$  mg/l aufweisen. Diese Unterkalibrierung stellt nach Herstellerangaben eine fest vorgegebene  $\text{CO}_2$ -Korrektur dar. Auch bei den hier nicht mitgeteilten Ergebnissen der Richtigkeitsprüfung am Alcomat A 11 ist eine konstante negative Abweichung fest vorgegeben. Dies gilt jedoch nicht für den Alcomat FA 113.

Die Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte für die Richtigkeit ist nach den durchgeführten Prüfungen für Atemtestgeräte möglich. Die Vorgabe einer systematischen negativen Abweichung wird jedoch nicht als erforderlich angesehen.

## 2.4 Präzision

Die Anforderungen an die zufälligen Abweichungen sind für die verschiedenen Konzentrationsbereiche der AAK unterschiedlich. Die Verteilung der zufälligen Abweichungen wird durch die Standardabweichung  $s$  bzw. die relative Standardabweichung (Variationskoeffizient = Standardabweichung/Mittelwert) beschrieben. Es gelten dabei die in Tab. 3 zusammengestellten Grenzwerte.

AAK mg/l	Standardabweichung bzw. Variationskoeffizient
$< 0,400$	$\pm 0,006$ mg/l
$\geq 0,400$ bis $< 1,000$	$\pm 1,5\%$
$\geq 1,000$ bis $< 2,000$	$\pm 3\%$
$\geq 2,000$	$\pm 6\%$

**Tab. 3:** Zusammenstellung der Anforderungen an die Präzision in Form der maximal zulässigen Standardabweichung bzw. des Variationskoeffizienten (in %)

Die Ergebnisse der Präzisionsmessungen sind im Anhang 2.4 zusammengestellt. Die Messungen an den verschiedenen Geräten zeigen in dem Bereich bis  $1,0$  mg/l zwar unterschiedlich stark schwankende Werte der Standardabweichung. Die Werte liegen jedoch in allen Fällen unterhalb der eingezeichneten Fehlergrenze. Während bei den Infrarot-Meßgeräten die Standardabweichung in dem gesamten Bereich nahezu konstant bleibt, ist bei dem Gerät mit der Brennstoffzelle ein deutliches Ansteigen der Standardabweichung mit zunehmender AAK zu verzeichnen.

Auch die Messungen zur Präzisionskontrolle zeigen, daß es möglich ist, mit Atemalkoholmeßgeräten die vorgegebenen Grenzen der Meßpräzision einzuhalten.

## 2.5 Kurz- und Langzeitstabilität

Die zeitliche Stabilität der Ergebnisse von AAK-Messungen kann durch Drifterscheinungen der Meßgeräte beeinflusst sein. Die zulässigen Grenzwerte für die Drift sind in Tab. 4 zusammengestellt. Die Messungen der Kurz- und Langzeitdrift sind bei einer AAK von  $0,4$  mg/l vorzunehmen.

Drift	Grenzwert
Nullpunktdrift	$0,01$ mg/l in 4 h
Kurzzeitdrift	$0,01$ mg/l in 4 h
Langzeitdrift	$0,02$ mg/l in 30 d

**Tab. 4:** Zusammenstellung der Grenzwerte für die verschiedenen Drifterscheinungen

Die Ergebnisse der Kurz- und Langzeitdrift sind im Anhang 2.5 wiedergegeben. Es zeigt sich, daß sowohl die Kurz- als auch die Langzeitdrift die in Tab. 4 angegebenen Grenzwerte nicht überschreitet. Auf die Untersuchung der Nullpunktdrift mußte verzichtet werden, da die Geräte die erforderlichen Messungen ohne Eingriffe nicht gestatten.

## 2.6 Hysteresis

Unter Hysteresis wird das Verhalten von Atemalkoholmeßgeräten verstanden, das sich in einer Beeinflussung eines Meßgerätes durch die Sequenz der vorausgegangenen Messung äußert. Die Hysteresis ist dem Verschleppungseffekt bei der Laboratoriumsanalyse vergleichbar. Zur Beurteilung der Hysteresis werden Messungen der AAK bei niedriger Konzentration ( $0,4$  mg/l) mit Messungen hoher Konzentration ( $2$  mg/l) verglichen, wobei auf eine Messung mit hoher Konzentration unmittelbar eine Messung mit niedriger Konzentration folgt. Der Einfluß, den die Messung bei hoher Konzentration auf die Messung bei niedriger Konzentration ausübt, muß dabei unter  $4\%$  bleiben. Die Ergebnisse der Messungen an den verschiedenen Meßgeräten sind im Anhang 2.6 zusammengestellt.

Aus den Meßergebnissen ist zu erkennen, daß die geprüften Infrarotmeßgeräte die Toleranzgrenze einhalten. Der Hysteresiseffekt ist beim Alcomat FA 113 sehr gering. Etwas größer ist der Hysteresiseffekt beim Alcotest 7110. Bei dem Brennstoffzellenmeßgerät Alcometer EBA liegt die Hysteresis geringfügig über der zugelassenen Toleranzgrenze.

## 2.7 Beurteilung der Zuverlässigkeit

Die beschriebenen Prüfungen der Zuverlässigkeit von Atemalkoholmeßgeräten zeigen, daß die international gestellten Anforderungen (Empfehlungen der OIML 1988) an die Meßsicherheit beweisbarer Meßgeräte realistisch und technisch erfüllbar sind. Das bedeutet, daß die Atemalkoholanalyse nicht auf den Vortest beschränkt bleiben muß, da sie die beweisbarere Messung des Ethanol in einem bestimmten (Atem) Luftvolumen ermöglicht.

Die im Abschnitt 2 beschriebenen Ergebnisse der Prüfungen bilden die Basis, auf der weitere Anforderungen an die Atemalkoholanalyse zu formulieren sind.

Bei Prüfungen zur Zuverlässigkeit der Geräte bleiben zunächst die durch den Probanden hervorgerufenen Einflüsse auf die AAK-Messung unberücksichtigt, da alle zu fordernden Messungen an einem Atemtest-Simulator durchführbar waren. Unberücksichtigt geblieben ist dabei auch die Frage der analytischen Spezifität, die sich in der Beeinflussung der Meßergebnisse durch Fremdgase (d.h. alle Gase außer Ethanol) in der Atemluft äußert (Querempfindlichkeit). Obwohl hierüber in den vorläufigen Empfehlungen der OIML (1988) Angaben zu finden sind, soll das Problem an anderer Stelle im Zusammenhang mit den weiteren Anforderungen an die Atemalkoholanalytik behandelt werden.

### 3 Welche Voraussetzungen müßten ggf. zur Sicherung der größtmöglichen Zuverlässigkeit der Meßmethode im allgemeinen und ihres Ergebnisses im Einzelfall erfüllt sein?

#### 3.1 Grundvoraussetzungen

Die Zuverlässigkeit (Reliabilität) der Meßgeräte, deren Erfüllbarkeit in Abschnitt 2 untersucht worden ist, muß über den gesamten Zeitraum, in dem ein Meßgerät zum Einsatz kommt, gewährleistet sein. Der übliche Weg hierzu besteht – wie bei anderen Geräten auch – darin, die Atemalkoholmeßgeräte dem Eichgesetz zu unterwerfen. In § 2 (2) des Gesetzes über das Meß- und Eichwesen vom 22. Februar 1985 ist gesagt: »Meßgeräte, die für die amtliche Überwachung des Straßenverkehrs verwendet werden, müssen geeicht sein.«

Die Anwendung des Eichgesetzes auf Atemalkoholmeßgeräte hat nach den üblichen Regeln eine Bauartzulassung durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt zur Voraussetzung, wobei die entsprechenden Anforderungen durch diese Institution festzulegen sind. Vor Beginn des Einsatzes eines Gerätes ist eine Ersteichung und danach in regelmäßigen Abständen eine Nacheichung durch die Eichbehörden des jeweiligen Bundeslandes (Eichämter) durchzuführen. Diese Nacheichungen, die die Gewähr für die Meßsicherheit über den Einsatzzeitraum des Gerätes sichern, sollten in möglichst kurzen Zeitabständen stattfinden. Nach den bisherigen Erfahrungen wird hierfür ein Zeitraum von 6 Monaten als notwendig erachtet. Darüber hinaus sind Nacheichungen nach Reparaturen oder Veränderungen an den Geräten notwendig, die möglicherweise einen Einfluß auf das Ergebnis der AAK-Messung haben können. Die Anwendung des Eichgesetzes auf die Atemalkoholanalytik hat zur Voraussetzung, daß sich die Eichung ausschließlich auf Ethanol in der Atemluft beschränkt. Andere Gasbeimengungen in der Atemluft sind als Fremdgase anzusehen, deren Bestimmung nicht Ziel der Messung ist. Eine Grundforderung an Meßverfahren für die Atemalkoholanalytik ist daher die spezifische Erfassung von Ethanol.

Die Erfüllung der vorläufigen Anforderungen der OIML (1988) bei der Bauartprüfung ist nach den bisherigen Erfahrungen bei der Prüfung von Atemalkoholmeßgeräten nicht ausreichend, um den Anforderungen an eine beweissichere Atemalkoholanalyse zu genügen. Die Gründe bestehen vorwiegend darin, daß physiologische Gegebenheiten bei der AAK-Messung an Probanden nicht die erforderliche Berücksichtigung finden.

In den folgenden Abschnitten sollen die wesentlichen Anforderungen an Meßgeräte und Meßverfahren erläutert werden, die über die Anforderungen der OIML (1988) hinausgehen. Sie resultieren aus den Erfahrungen, die vorwiegend bei der Prüfung von Infrarot-Meßgeräten gewonnen wurden. Aus diesem Grunde beziehen sich die Vorschläge, die dem Nachweis der Erfüllbarkeit der gestellten Anforderungen dienen, weitgehend auf das Meßprinzip der Infrarot-Messung. Die Forderungen sind in Veröffentlichungen und Vorträgen im Verlauf der Arbeit an dem Gutachten der Fachöffentlichkeit bekanntgemacht worden.

Wegen der in der Bundesrepublik Deutschland hochentwickelten Methodik zur forensischen Blutalkoholanalyse und

der dazu vorgeschriebenen Maßnahmen für die Qualitätssicherung wird versucht, die Anforderungen an die Atemalkoholanalytik der Blutalkoholanalytik nach Möglichkeit anzupassen. Das gilt insbesondere für die spezifische Erfassung von Ethanol. Darüber hinaus ist die Anforderung natürlich nur in begrenztem Umfang zu erfüllen, da bei der Blutanalytik aus einer Blutprobenentnahme mehrere Meßwerte gewonnen werden, während mehrere Meßwerte bei der Atemalkoholanalyse nur durch mehrere Probenahmen, d. h. mehrere Atemtests zu gewinnen sind. Diese Atemtests müssen nacheinander zur Ausführung kommen. In die einzelnen Atemalkoholmeßwerte, die als voneinander unabhängig zu betrachten sind, gehen neben den gerätebedingten Schwankungen auch noch die zeitlichen physiologischen Schwankungen ein, die durch den Probanden verursacht werden.

#### 3.2 Erfassung von Alveolarluft

Voraussetzung für eine verlässliche Messung der AAK ist die Erfassung von Alveolarluft, d. h. einer Luftprobe, die aus den Lungenalveolen des Probanden stammt. In den Alveolen findet der Austausch des Ethanols zwischen den Blutkapillaren und der inspirierten Luft statt. Experimentelle Untersuchungen haben gezeigt, daß im Verlauf des Atemstoßtests ein Anstieg der Ethanolkonzentration mit zunehmendem expirierten Volumen (d. h. mit zunehmendem Anteil an Alveolarluft) stattfindet. Erst wenn die expirierte Luft im wesentlichen aus den Alveolen stammt, wird ein Endwert (Sättigungsplateau) in der Konzentrations-Volumen-Kurve gemessen. Durch konstruktive Maßnahmen sollte bei der Durchführung des Atemtests gewährleistet sein, daß ein Abbruch der Messung stattfindet und eine Fehlermeldung erfolgt, falls der Atemstrom unter einen Wert von 0,1 l/s absinkt. Hierdurch wird u. a. eine Beeinflussung der Meßergebnisse durch den Versuch einer Preßatmung vermieden.

Da es aus Praktikabilitätsgründen nicht möglich sein wird, in jedem Einzelfall eine Registrierung der AAK-Verlaufskurve vorzunehmen, sind andere Überprüfungen auf Alveolarluft notwendig. Das Verfahren der »slope detection«, bei dem eine laufende Bestimmung des Anstiegs der Ethanolkonzentration in Abhängigkeit von der Zeit erfolgt, wurde von der OIML (1989) als möglicher Ausweg angesehen. Das Verfahren ist in verschiedenen Atemalkoholmeßgeräten zum Zweck der Erkennung von Mundrestalkohol realisiert. Die Anwendung dieses Prinzips zum Zweck der Erkennung des Sättigungsplateaus konnte nicht untersucht werden, da die zur Verfügung stehenden Geräte nicht mit einer derartigen Einrichtung ausgestattet waren. Wegen kleiner Schwankungen (Rauschen) der auszuwertenden Meßsignale stößt die Realisierung möglicherweise auf Schwierigkeiten.

Die andere von der OIML (1989) vorgeschlagene Lösung zur Erfassung von Alveolarluft besteht in der Vorgabe eines Mindestvolumens von 1,5 l und einer Mindestexpirationsdauer von 3 s. Die Erfüllung dieser Minimalanforderungen war bei den geprüften Meßgeräten durch entsprechende Konstruktionen erfüllt. Es zeigte sich jedoch (SCHOKNECHT, FLECK, KOPHAMEL 1990a), daß die Erfüllung dieser Minimalanforderung zur Gewährleistung der Erfassung von Alveolarluft nicht ausreicht. Wenn sich auch die unzureichende Erfassung von Alveolarluft forensisch meist zugunsten eines Probanden auswirkt, so sollte doch die größtmögliche Meßgenauigkeit angestrebt werden. Die erwähnten Untersuchungen haben gezeigt, daß immer einwandfreie Meßergebnisse

zu gewinnen sind, falls daß Expirationsvolumen mehr als 70 % der Vitalkapazität beträgt. Dieses Ergebnis steht in Übereinstimmung mit den Untersuchungen von JONES (1982a) und WRIGHT (1966) sowie den theoretischen Überlegungen von SLEMEYER (1980). Ist das Expirationsvolumen nur 50 % der Vitalkapazität, können in Extremfällen negative Abweichungen von bis zu 10 % bei den AAK-Meßwerten auftreten. Das gilt jedoch nur, falls die Atemgasprobe aus tiefer Inspiration abgegeben wird. Bei flacher Inspiration ist die Abgabe von Alveolarluft bereits bei wesentlich unter 50 % der Vitalkapazität liegenden Expirationsvolumina gegeben. Nach den bei der Arbeit an dem Gutachten gewonnenen Erfahrungen bei Praxistests und Trinkversuchen im Laboratorium erfolgt die Abgabe der Atemprobe meist nicht nach maximaler Inspiration, so daß 50 % der Vitalkapazität als Richtwert für das zu fordernde Expirationsvolumen gelten können.

Im Anhang 3.2 sind Erfahrungswerte für das geforderte Mindestvolumen (Richtwerte) für Männer und Frauen der verschiedenen Altersgruppen dargestellt, die sich bei einer epidemiologischen Studie ergeben haben (SCHOKNECHT 1990a; SCHOKNECHT, FLECK, KOPHAMEL 1990b). Die Volumina gelten für Probanden aus der Gesamtbevölkerung, die freiwillig an einer umfassenden Erhebung ihres Gesundheitszustandes (Spandauer Gesundheitstest) interessiert waren. Eine Vorauswahl hinsichtlich der Lungenfunktion (als nur eines Teilaspektes der Studie) hat nicht stattgefunden. Die Richtwerte haben sich bei einem Praxistest als geeignetes Kriterium für die Beurteilung der Atemtestdurchführung erwiesen (SCHOKNECHT, KOPHAMEL 1991). Als grobe Richtwerte für das zu fordernde Atemvolumen gelten für Männer unter 60 Jahren 3 l und darüber 2,5 l. Bei Frauen gilt entsprechend 2,0 l und 1,5 l.

Zur Durchführung einer beweissicheren Atemalkoholmessung wird nicht als notwendig erachtet, die Richtwerte für das Mindestvolumen in Atemalkohol-Meßgeräte einzuprogrammieren, so daß die Bewertung des Atemtests automatisch erfolgen kann. Aus polizeilicher Sicht sprechen Praktikabilitätsgründe jedoch für eine automatische Bewertung der Volumenmeßwerte. Erforderlich ist jedoch in jedem Fall ein Ausdruck der gemessenen Atemvolumina im Meßprotokoll. Die Meßeinrichtung für das Atemvolumen und ihre Zuverlässigkeit müssen Gegenstand der Bauartprüfung sein.

Da jede beweissichere Atemalkoholbestimmung aus zwei Einzelmessungen bestehen soll (OIML 1989), ergeben sich bei jedem Meßzyklus zwei Atemvolumenmeßwerte. Untersuchungen bei Praxistests (SCHOKNECHT, KOPHAMEL 1991) haben gezeigt, daß auch bei Schwankungen der beiden AAK-Werte, die unter den von der OIML (1989) empfohlenen Grenzen liegen und bei Volumina oberhalb der Richtwerte beträchtliche Differenzen zwischen den beiden Volumenmeßwerten auftreten können. Als Beurteilungskriterium für eine gültige Atemalkoholmessung ist eine Volumendifferenz von weniger als 2 l zu fordern. In engem Zusammenhang mit dem Expirationsvolumen steht die Expirationdauer. Es ist zweckmäßig, auch hierfür ein Beurteilungskriterium einzuführen. Nach den Erfahrungen des Praxistests sollte sich die Dauer der Expiration bei den beiden Einzelmessungen um nicht mehr als 5 s voneinander unterscheiden.

### 3.3 Messung der Atemtemperatur

Das Gleichgewicht zwischen der Konzentration des Ethanol in der Alveolarluft und im Lungenkapillarblut unter Sättigungsbedingungen hängt entsprechend dem Henryschen Gesetz (s. z. B. GRÜNER 1985) allein von der Temperatur in den Lungenalveolen ab. Grundlegende Untersuchungen über die Konzentration von Ethanol in der Luft über ethanolhaltigem Wasser, Blut und Urin führten HARGER et al. (1950) durch. Die Ergebnisse wurden in der Folgezeit von DUBOWSKI (1980), WELLS (1981) und JONES (1983) bestätigt und verfeinert.

Im Verlauf eines Atemstoßtests zur Ermittlung der AAK kühlt sich die Atemluft auf dem Weg von den Lungenalveolen zum Mund ab (SCHOKNECHT 1988), wobei gleichzeitig eine Abgabe von Ethanol an die feuchten Schleimhäute infolge des Überschreitens der Sättigung eintritt. Demzufolge ist die Ethanolkonzentration der Atemluft beim Verlassen des Mundes niedriger als vorher in den Alveolen. Nimmt man eine Temperatur in den Lungenalveolen von 37° C und der Atemluft beim Verlassen des Mundes von 34° C an, so beträgt der Konzentrationsabfall etwa 20 %. Der Einfluß der Temperatur auf das Ergebnis der AAK-Messung ist seit langem bekannt (DUBOWSKI 1975; LEGGE 1965; MASON und DUBOWSKI 1976; JONES 1982a, 1982b; WRIGHT 1962, 1966b). Erkannt wurde auch, daß die Temperatur des Atems beim Verlassen des Mundes starke Unterschiede aufweisen kann. LOOS und HEIFER (1979) und danach FOX und HAYWARD (1987, 1989) forderten daher eine Messung der Atemtemperatur bei der Atemalkoholanalyse. Diese Forderung wurde später (SCHOKNECHT, KOPHAMEL 1988) in Übereinstimmung mit der Auffassung der projektbegleitenden Kommission dahingehend präzisiert, die AAK-Meßwerte mit Hilfe der gleichzeitig gemessenen endexpiratorischen Temperatur auf eine Bezugstemperatur von 34° C umzurechnen. Die Umrechnung kann dabei unter Verwendung der in ANHANG 3.3 angegebenen Formeln (DUBOWSKI 1980; SCHOKNECHT, KOPHAMEL, BARDUHN 1989) erfolgen. Die Änderung der Ethanolkonzentration beträgt nach den eigenen Messungen im Bereich der Mundtemperatur (um 34° C) bei einer Temperaturänderung von 1° C 6,88 %.

Die Bestimmung der Atemtemperatur und die Umrechnung der AAK auf eine Bezugstemperatur von 34° C hat sich aus folgenden Gründen als notwendig erwiesen:

- Erzielung vergleichbarer AAK-Werte trotz unterschiedlicher Körper- bzw. Mundtemperatur,
- Gewinnung von AAK-Werten unabhängig von der Umgebungstemperatur,
- Korrektur bewußter und unbewußter Beeinflussung der AAK-Werte durch die Atemtechnik.

Die im Verlauf der Bearbeitung des Gutachtens durchgeführten Messungen haben gezeigt (SCHOKNECHT, FLECK, KOPHAMEL 1990b), daß die Temperatur der expirierten Luft bei gleicher Körpertemperatur in weiten Bereichen schwanken kann. So ergaben sich bei hohen Außentemperaturen (Sommer) durchweg Expirationstemperaturen, die deutlich über 34° C lagen. Dagegen wurden bei niedrigen Umgebungstemperaturen entsprechend Expirationstemperaturen unter 34° C gemessen.

Bei erhöhter Körpertemperatur (Fieber) tritt nach dem Henryschen Gesetz bei einer festen BAK eine Erhöhung der Ethanolkonzentration in den Alveolen auf. Ein möglicher Einfluß auf die AAK wird durch die Umrechnung auf die Bezugs-

temperatur von 34° C korrigiert, wie den Untersuchungen von FOX und HAYWARD (1987, 1989) zu entnehmen ist.

Eine gezielte Beeinflussung der AAK-Meßwerte durch den Probanden ist durch Hypo- und Hyperventilation sowie durch Mundkühlung (z. B. durch kalte Getränke) möglich. Die Untersuchungen haben ergeben, daß damit gleichzeitig eine Veränderung der Expirationstemperatur eng verbunden ist. Während die Einflüsse von Hyperventilation und Mundkühlung durch Umrechnung der AAK auf die Bezugstemperatur eliminiert werden können, ist bei Hypoventilation nur eine weitgehende Korrektur der sehr geringen Einflüsse möglich (SCHOKNECHT, FLECK, KOPHAMEL 1990b).

Zu den Temperaturproblemen bei der Atemalkoholanalyse gehört die Vermeidung eines negativen Temperaturgefälles (d. h. ein Temperaturabfall) zwischen Mund und Atemgasschlauch. Zur Vermeidung von Kondensationserscheinungen (d. h. einer Änderung der Zusammensetzung der Atemgasprobe), ist der Atemgasschlauch der Atemalkoholmeßgeräte auf eine Temperatur oberhalb der Mundtemperatur aufzuheizen (ca. 40° C). Aus Hygienegründen erfolgt das Einblasen der Atemluft in das Atemalkoholmeßgerät über ein Wechselmundstück. Dieses Mundstück ist bei einigen Meßgeräten mit einem Ventil zur Vermeidung einer Rückatmung ausgestattet. Damit verbunden ist dann eine Umleitung der Richtung des Atemstroms, die zu einer Verlängerung des Gasstromweges führt. In dem Mundstück findet daher eine Abkühlung der Atemluft statt, die je nach Außentemperatur und Konstruktion des Mundstücks beachtliche Werte annehmen kann.

Zur Verringerung der Einflüsse des Mundstücks ist es zweckmäßig, das Mundstück vor dem Atemtest vorzuwärmen. Ein Beispiel für eine beheizte Halterung zur Aufnahme eines Mundstücks, die auch gleichzeitig die Temperatursonde aufnimmt, ist bereits beschrieben worden (SCHOKNECHT, KOPHAMEL, BARDUHN 1989).

Für die dynamische Messung der Atemtemperatur hat es sich als zweckmäßig herausgestellt, die Halterung für Meßsonde und Mundstück auf eine Temperatur vorzuheizen, die etwa 2 – 3° C über der Atemtemperatur (ca. 34° C) liegt. Durch den zunächst kühlen Atemstrom tritt dabei an der Temperaturmeßsonde (siehe Anlage 3.3) ein Absinken der Temperatur ein. Mit zunehmender Temperatur der exspirierten Luft erfolgt dann ein Ansteigen der Temperatur an der Sonde, die dann in einen Endwert übergeht. Dieser Temperaturendwert läßt sich trotz der geringen Wärmekapazität der Atemluft mit einer Genauigkeit von 0,2° C bestimmen.

Bei der Durchführung einer beweissicheren AAK-Messung fallen bei den beiden Atemtests (s. 3.4) zwei Temperaturmeßwerte an. Zum Ausschluß von Gerätefehlern, zu starker Beeinflussung der Meßwerte durch unterschiedliche Umgebungsbedingungen und bewußte Beeinflussung der Messung durch den Probanden, ist eine Grenze für die zulässigen Abweichungen vorzugeben. Nach den Erfahrungen von Praxistests (SCHOKNECHT, KOPHAMEL 1991) sollte die Differenz der beiden Temperaturmeßwerte nicht größer als 1,5° C sein.

### 3.4 Meßverfahren

Unter dem Meßverfahren sind die Modalitäten und vorzuziehenden Randbedingungen zu verstehen, unter denen die Atemalkoholbestimmungen durchzuführen sind. Die erho-

benen Forderungen ergeben sich aus den Vorschlägen der OIML (1988, 1989), aus den durchgeführten Trinkversuchen und Praxistests, auf die im Abschnitt 4 eingegangen wird und aus den Praktikabilitätsanforderungen der Polizei.

Notwendige Voraussetzung für eine forensisch anzuerkennende Atemalkoholbestimmung ist eine Doppelmessung, wobei die beiden Einzelmessungen unmittelbar aufeinanderfolgen, höchstens jedoch in einem Abstand von 5 min durchgeführt werden müssen. Diese beiden Messungen gelten nicht dem Zweck der Feststellung, ob sich der Proband in der Anflutungs- oder Abbauphase befindet, sondern ausschließlich einer Bestätigung der Meßergebnisse im Sinne einer Messung mit gleichzeitiger Kontrolle. Zu messende Größen sind dabei neben der AAK das Atemvolumen, die Expirationsdauer und die Atemtemperatur, die sich infolge eingetretener zeitlicher Veränderungen nur innerhalb der oben angegebenen Grenzen voneinander unterscheiden dürfen.

Für die Differenz (Betrag der Differenz D) der beiden AAK-Meßwerte (Mittelwert AAKm) muß bei einer gültigen AAK-Bestimmung gelten (OIML 1989):

$$\begin{array}{ll} \text{AAKm} \leq 0,4 \text{ mg/l} & D \leq 0,04 \text{ mg/l} \\ \text{AAKm} > 0,4 \text{ mg/l} & D/\text{AAKm} \leq 10 \% \text{ (relativ)} \end{array}$$

Übersteigt die Differenz der AAK-Werte die angegebenen Grenzen, so ist der Meßzyklus zu wiederholen.

Die Ursachen für stark voneinander abweichende Meßwerte können unterschiedlicher Natur sein. Denkbar sind Mundrestalkohol, regurgitierter Alkohol, ungeeignete Atemtechnik usw. Es hat sich gezeigt, daß in der Anflutungsphase auch physiologisch bedingte stärkere Schwankungen der Verlaufskurve der AAK in Einzelfällen zu größeren Abweichungen führen können.

Eine weitere Vorgabe besteht in der Feststellung des Zeitraumes, der zwischen der Beendigung der Alkoholaufnahme (Trinkende) und der AAK-Messung verstrichen sein muß. Aufgrund der Ergebnisse von Laboratoriums-Trinkversuchen und in Übereinstimmung mit Vorschriften der Niederlande (vergl. FRANKVOORT, MULDER, NEUTEBOOM 1987) wird dieser Zeitraum mit 20 min angesetzt. Ausschlaggebend für diese Vorgabe ist weniger die Gefahr der Verfälschung der Meßwerte durch Mundrestalkohol, sondern die Erfahrung, daß sich erst nach dieser Zeit ein definiertes Verhältnis zwischen AAK und BAK eingestellt hat, das kurzzeitigen Schwankungen nur noch in geringem Maße unterworfen ist.

Wesentlich ist ferner die Vorgabe einer Kontrollzeit von 10 min vor der AAK-Messung. Während dieser Zeit darf der unter Aufsicht befindliche Proband keine die Messung möglicherweise beeinflussenden Substanzen zu sich nehmen oder mit ihnen umgehen. Dazu gehört neben Essen, Trinken und Rauchen auch die Anwendung von Mundwasser, Spray u. a.. Die umfassenden Untersuchungen von GRÜNER und BILZER (1990) haben gezeigt, daß die Wirkungen von den die Messung beeinflussenden Substanzen auf die AAK-Messung nach 10 min abgeklungen sind. Durch die Vorgabe der Kontrollzeit im Zusammenhang mit der Anwendung der »slope detection« zur Mundrestalkoholerkennung kann die Berücksichtigung der Substanzen, die im Appendix B.2 (OIML 1988) aufgeführt sind, bei der Bauartprüfung der Atemalkoholmeßgeräte entfallen. Die Kontrollzeit ist unabhängig von dem oben erwähnten Zeitraum von 20 min anzusetzen, der nach Trinkende vergangen sein muß. Sie kann jedoch in den

20 min enthalten sein, wenn sichergestellt ist, daß zum Meßzeitpunkt mindestens 20 min seit dem Trinkende vergangen sind.

Die beweissichere Atemalkoholmessung sollte am sitzenden Probanden in einer möglichst entspannten Situation durchgeführt werden, wobei auch der die Messung durchführende Untersucher am Meßgerät sitzt. Dem Probanden muß die Testdurchführung vorher genügend genau erklärt werden. Der Untersucher muß den Probanden zur einwandfreien Testdurchführung veranlassen. Eine ausreichende Schulung der Beamten ist für die Atemalkoholanalyse unerlässlich.

### 3.5 Meßsicherheit

Zur Gewährleistung höchster Meßsicherheit sind Kontrollen im Zusammenhang mit jeder einzelnen AAK-Messung an einem Probanden notwendig. Hierfür bieten sich zwei unterschiedliche Wege an:

- Kontrollmessungen mit einem Prüfgas vor und nach jeder AAK-Messung.
- Messungen der AAK mit zwei unabhängig voneinander arbeitenden Meßsystemen.

Während in den Niederlanden der erstgenannte Weg konsequent verfolgt wird, ist von seiten des Bundesgerichtshofes der zweite Weg für die forensische Atemalkoholanalyse vorgeschlagen worden.

Wegen der offensichtlichen Vorteile des zweiten Weges und wegen der hohen Kosten, welche die Anwendung von Prüfgasen erfordert, wird die Anwendung von zwei Meßsystemen, die sich gegenseitig hinsichtlich ihrer Meßwertqualität überprüfen, empfohlen. Die beiden Einzelmessungen, die nach Abschnitt 3.4 zur Atemanalyse gefordert sind, müssen mit je einem der beiden Meßsysteme vorgenommen werden. Die von den beiden Meßsystemen gelieferten Ergebnisse dürfen dabei die in Abschnitt 3.4 angegebenen Fehlergrenzen nicht übersteigen. Durch die Anwendung von zwei Meßsystemen bekommt jede AAK-Messung gleichzeitig die Bedeutung einer Kalibrierungsmessung für einen Meßpunkt, da sich zwei geeichte Meßsysteme hinsichtlich der Richtigkeit gegenseitig kontrollieren.

Zu den Bestandteilen der AAK-Meßeinrichtung, die in doppelter Ausführung vorhanden sein müssen, gehören die Gasmeßzelle, das Detektorsystem und die Auswerteelektronik. Jedes einzelne System muß fähig sein, die erforderlichen Funktionsprüfungen des Systems durchzuführen und eine Fehlermeldung bei Funktionsausfällen zu geben. Auf eine getrennte Spannungsversorgung der beiden Systeme kann verzichtet werden, da hierfür sichere Prüfmöglichkeiten bestehen. Zwei Atemgasschläuche sind notwendig, falls nicht die Möglichkeit einer Kontrolle auf Dichtheit der Atemgaswege im Meßsystem vorhanden ist.

Die beiden Meßsysteme können konstruktionsmäßig aus zwei Meßgeräten bestehen oder in einem Gehäuse vereint sein. Eine Ausgabe des Meßergebnisses darf erst stattfinden, wenn von jedem Meßsystem ein gültiges Meßergebnis vorliegt, bei dem die Abweichungen der Meßwertpaare die in den Abschnitten 3.2, 3.3 und 3.4 geforderten Grenzen nicht überschreiten bzw. die Volumenrichtwerte überschritten sind.

Eine Überprüfung beider Meßsysteme eines Atemalkoholmeßgerätes mit Trockengas während des Einsatzes ist nicht

erforderlich. Dagegen können Kalibrierungsmessungen mit Trockengas oder einem Atemtest-Simulator (innerhalb der Eichintervalle) nach Vorschrift des Herstellers oder beim Verdacht auf Gerätefehler (z. B. bei mechanischen Beschädigungen) notwendig sein.

Während die Überprüfung der Richtigkeit der Atemalkoholanalyse durch Eichung und Nacheichung sowie die Anwendung von Prüfgasen oder Atemtest-Simulatoren auf einfachem Wege möglich ist, sind hinsichtlich der Meßpräzisionskontrolle weitergehende Überlegungen notwendig. Die Meßpräzision der Meßgeräte selbst läßt sich durch Messungen an Atemtest-Simulatoren ermitteln (s. Abschnitt 2.3). Die erreichbare Meßpräzision bei Probandenmessungen (unter Berücksichtigung der physiologischen Einflüsse) läßt sich nur mit Hilfe von Trinkversuchen feststellen. Die notwendigen Voraussetzungen hierfür bietet der lineare Teil der Abbaukurve. Die Methode ist im Anhang 3.5 erläutert.

Die Auswertung der Ergebnisse von Trinkversuchen hat gezeigt, daß bei Probandenmessungen nach Durchführung der Temperaturkorrektur (Anhang 3.3) und Mittelwertbildung (Abschnitt 3.4) eine Standardabweichung der AAK-Messung von weniger als 0,01 mg/l erreichbar ist (SCHOKNECHT, FLECK, KOPHAMEL 1990b).

### 3.6 Analytische Spezifität

Die Forderung nach der ausschließlichen Erfassung von Ethanol bei der AAK-Messung ist mit den bekannten Atemalkoholmeßgeräten nicht vollständig zu erfüllen. Alle Meßgeräte besitzen eine bestimmte Empfindlichkeit (Querempfindlichkeit) gegenüber Fremdgasen, die neben Ethanol in der Atemluft auftreten können.

Wie die Untersuchungen von NEUNINGER (1988) gezeigt haben, ist bei der beruflichen Belastung mit Fremdgasen unterhalb der maximal zulässigen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK) kaum mit einem bedeutenden Auftreten von Fremdgasen in der Atemluft zu rechnen. Jedoch sind bei mißbräuchlicher Anwendung von Lösungsmitteln (bei sog. Schnüfflern) höhere Konzentrationen von entsprechenden Fremdgasen in der Atemluft möglich. Diese Fremdgaskonzentrationen unterschiedlichster Substanzen können zu erheblichen Meßwertanzeigen führen, die sich zu einer Anzeige addieren, die durch Ethanol ausgelöst ist.

Die Vorschläge der OIML (1988) zur Lösung der Fremdgasproblematik enthalten eine Liste (Appendix B. 1), in der Konzentrationen einer Reihe von Fremdschubstanzen aufgeführt sind, denen die maximal zulässige Anzeige bei beweissicheren Atemalkoholmeßgeräten gegenübergestellt ist, die von den Fremdschubstanzen hervorgerufen werden. Liegen die Fremdschubstanzen in Form reiner Prüfgase bekannter Konzentration vor, so können Atemalkoholmeßgeräte auf die Einhaltung der Forderungen geprüft werden.

Dieses Vorgehen der OIML (1988) zur Lösung der Fremdgasproblematik wird als nicht ausreichend angesehen. Bei mißbräuchlicher Verwendung von Fremdgasen könnte es möglich sein, daß das Meßgerät eine Anzeige liefert, die irrtümlich auf Ethanol zurückgeführt wird. Diese Möglichkeit sollte weitgehend ausgeschlossen werden.

Der gegenwärtig am meisten erfolgversprechende Weg besteht aufgrund infrarotspektroskopischer Untersuchungen (KOPHAMEL, SCHOKNECHT 1990) darin, die in Abschnitt

3.5 erhobene Forderung von Messungen mit zwei unabhängigen Meßsystemen dahingehend zu erweitern, daß die beiden Meßsysteme nicht identisch sein sollen, sondern unterschiedliche analytische Spezifität bzw. Querempfindlichkeit gegenüber Fremdgasen aufweisen müssen. Ist in der Atemluft nur Ethanol vorhanden, so müssen beide Meßsysteme durch geeignete Kalibrierung gleiche Anzeigen liefern. Beim ausschließlichen oder zusätzlichen Auftreten von Fremdgasen wird die übereinstimmende Anzeige der beiden Meßsysteme signifikant gestört. Eigenschaften einer Meßeinrichtung mit zwei Meßsystemen, die nach dem Prinzip der Infrarotabsorption arbeiten, sind im Anhang 3.6 dargestellt. Nach dem gegenwärtigen Stand der technischen Entwicklung sind die im Laboratorium gemessenen analytischen Spezifitäten auch in der Praxis als erreichbar anzusehen. Die im Anhang 3.6 beispielhaft aufgezeigte Problemlösung durch Anwendung der Infrarotabsorption im Bereich von  $3\ \mu\text{m}$  und  $9\ \mu\text{m}$  hat naturgemäß auch eine entsprechende Empfindlichkeit bei der Erkennung anderer als der genannten Fremdgase zur Folge. Die durchgeführten Untersuchungen beschränkten sich jedoch nur auf Methanol, Isopropanol und Aceton, da diese Stoffe auch im Zusammenhang mit der Alkoholproblematik von allgemeiner Bedeutung sind (IFFLAND et al. 1988). Eine Beschränkung der Anforderungen hinsichtlich der analytischen Spezifität, wie sie z. B. durch spezielle Sensibilisierung von Meßzellen möglich sein könnte, wird nicht als geeignete Problemlösung angesehen. Vielmehr müssen insbesondere die Substanzen, die im Bereich von  $3\ \mu\text{m}$  und  $9\ \mu\text{m}$  unterschiedliche Infrarotabsorption aufweisen, mit der geforderten Meßeinrichtung erkennbar werden. Es genügt allerdings, das Vorhandensein einer derartigen Substanz zu erkennen, und eine Fehlermeldung auszulösen. Nähere Angaben über die Art und Zusammensetzung der Fremdschubstanz braucht die Meßeinrichtung nicht zu liefern.

### 3.7 Anzeigen und Meßwertausdruck

Das Atemalkoholmeßgerät sollte eine Anzeigevorrichtung besitzen, welche Angaben über den Ablauf der Messung liefert und dem Bediener die notwendigen Hinweise gibt. Dazu gehören Angaben über den Spülvorgang der Meßzelle vor und nach der Probandenmessung, den dabei bestimmten Nullpunkt und Hinweise auf eventuelle Unzulänglichkeiten beim Atemtest. Auch die erfolgreiche Durchführung der beiden erforderlichen Messungen sollte angezeigt werden, nicht jedoch das Ergebnis der beiden Einzelbestimmungen.

Vor der Durchführung des Atemtests sollten die Probandendaten in das Auswertungssystem bzw. das Meßgerät eingegeben werden. Dazu ist eine entsprechende Tastatur notwendig. Die eingegebenen Daten müssen zur Bestätigung und Kontrolle der Eingabe auf einer Anzeige unmittelbar sichtbar werden.

Das Ausgabeprotokoll, das vom Atemalkoholmeßgerät mittels eines Druckers geliefert wird, muß alle wesentlichen Angaben über den Meßvorgang gegebenenfalls zu dessen Rekonstruktion enthalten. Folgende Angaben sind dabei unverzichtbar:

- Probandenkenndaten, Datum der AAK-Messung
- Kennzeichnung des Meßgerätes
- Mittelwert der AAK (2 Nachkommastellen, gerundet), gebildet aus den beiden auf die Bezugstemperatur von  $34^\circ\text{C}$  umgerechneten AAK-Werten

- Uhrzeit der Messung, gebildet durch den Mittelwert der Uhrzeit der Einzelmessungen
- Uhrzeit der Einzelmessungen
- Ergebnis der einzelnen AAK-Messungen (3 Nachkommastellen), einschließlich der Volumen- und Temperaturangaben (jeweils eine Nachkommastelle)

Meßgröße	1. Messung	2. Messung	Differenz
AAK $\leq 0,4\ \text{mg/l}$	-	-	$\leq 0,04\ \text{mg/l}$
AAK $> 0,4\ \text{mg/l}$	-	-	$\leq 10\% \text{ rel.}$
Volumen	$\geq V_{\text{richt}}$	$\geq V_{\text{richt}}$	$\leq 2\ \text{l}$
Dauer	$> 3\ \text{s}$	$> 3\ \text{s}$	$\leq 5\ \text{s}$
Temperatur			$\leq 1,5^\circ\text{C}$

Tab. 5: Zusammenstellung der Kriterien zur Beurteilung von AAK-Bestimmungen ( $V_{\text{richt}}$  Volumenrichtwerte nach Anhang 3.2)

Neben den vom Gerät ausgedruckten Daten muß der Ausdruck Raum zur Unterschrift des Untersuchers und eventuell eines Zeugen über den Meßvorgang haben. Auch sollte Platz für die handschriftliche Eintragung von Bemerkungen bzw. die Beantwortung vorgegebener Fragen über den Meßvorgang vorhanden sein. Sollte es nicht möglich sein, innerhalb von 5 min zwei verlässliche AAK-Werte zu gewinnen, die den in Tab. 5 zusammengestellten Bedingungen genügen, so ist der Meßzyklus zu wiederholen. Maximal sind zwei Wiederholungszyklen vorzusehen. Falls dann kein gültiges Ergebnis vorliegt, ist auf die Blutalkoholanalyse auszuweichen.

## 4. Können neben den derzeit in Gesetzen, Verwaltungsvorschriften und Rechtsprechung fixierten Blutalkoholgrenzwerten eigene Meßgrößen und Grenzwerte für die Atemalkoholkonzentration bestimmt werden?

### 4.1 Festlegung der Meßgröße für die Atemalkoholanalyse

Alle bisherigen Vergleichsuntersuchungen (zusammenfassende Darstellung s. GRÜNER 1985) führten eindeutig zu dem Ergebnis, daß eine direkte Konvertierbarkeit von AAK in BAK-Werte unmöglich ist.

Dabei ist in der Bundesrepublik Deutschland unter dem BAK-Wert die Alkoholkonzentration (Ethanol) zu verstehen, die entsprechend den Vorschriften bestimmt wurde, die im 1. (BGA 1966) und 2. (LUNDT 1977) Gutachten des Bundesgesundheitsamtes und in den Gemeinsamen Richtlinien der Bundesländer (1977) festgelegt sind. Nach diesen Vorschriften erfolgt die Blutabnahme durch Venen-Punktion (in der Regel aus der Ellenbeugenvene). Die BAK wird dann an Serum- (oder Plasma-) Proben nach zwei Verfahren bestimmt und mittels eines festgelegten Divisors (1,20) auf einen Vollblutwert umgerechnet.

Ein Vergleich der AAK mit der BAK mit dem Ziel einer Konvertierung von Meßwerten ist im wesentlichen aus zwei Gründen zum Scheitern verurteilt:

- die AAK folgt in ihrem zeitlichen Verlauf der arteriellen BAK und nicht der venösen BAK, wie die Untersuchungen von MARTIN et al. (1984) zeigen;
- die Umrechnung der venösen BAK auf die BAK des Vollblutes unterliegt individuellen Schwankungen und ist nur näherungsweise unter Anwendung eines konstanten Divisors möglich (GRÜNER 1967; PAYNE et al. 1968; WINEK, CARFAGNA 1968).

Beim Vergleich von AAK- mit BAK-Werten führt der erstgenannte Grund (bei Anwendung eines konstanten Umrechnungsfaktors von 2,1) in der Anflutungs-(Resorptions-)phase zu AAK-Werten, die über den BAK-Werten liegen. In der Abbau-(Eliminations-)phase bildet sich aus dem letztgenannten Grund kein konstantes Verhältnis zwischen der AAK und der BAK, das bei allen Probanden denselben Wert hat.

Ein Rückschluß von einem AAK-Wert auf die BAK ist aus den genannten Gründen mit der für forensische Zwecke zu fordernden Genauigkeit prinzipiell ausgeschlossen. Es ist jedoch zu bemerken, daß infolge des Ethanolaustrausches in den Lungenalveolen bei der Atmung ein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Ethanolgehalt des Lungen-Kapillarblutes und der AAK (in der Alveolarluft) besteht. Dieser Zusammenhang wird durch das Gesetz von Henry beschrieben, nach dem das Verhältnis zwischen AAK und der BAK des Kapillarblutes allein von der Temperatur abhängt, wenn die bei gesunden Personen als erfüllt anzusehenden Bedingungen (genügend große Austauschflächen, Feuchtigkeitssättigung) vorliegen (WALKER, WELLS 1961, DUBOWSKI 1974).

Um die bestehenden Schwierigkeiten zu überwinden und unzulässige Rückschlüsse von der AAK auf die BAK zu vermeiden, ist die Einführung einer eigenen Meßgröße für die AAK unerläßliche Voraussetzung. In Anerkennung dieser Tatsache gehen die internationalen Empfehlungen (OIML 1988) dahin, die Atemalkoholkonzentration in Masseneinheiten Ethanol (SI-Einheit mg) pro Volumeneinheit Atemluft (abgeleitete SI-Einheit l) anzugeben (s. AusführungsVO über Einheiten im Meßwesen 1970). Diese Empfehlung ist von seiten der Bundesrepublik Deutschland ebenso wie von anderen Mitgliedsländern der Arbeitsgruppe (OIML SP30-Sr13) nachdrücklich unterstützt worden.

Durch eine derartige Festlegung der Einheit für die AAK wird deutlich, daß es sich bei der AAK um eine Meßgröße handelt, die losgelöst von der in der Einheit g/100 (bzw. g/l Vollblut) gemessenen BAK zu sehen ist, obwohl die oben erwähnten physiologischen Zusammenhänge bestehen. Daraus erwächst die Forderung, eigene Grenzwerte der AAK für Gesetz und Rechtsprechung festzulegen.

Zur Festlegung eigener Grenzwerte für die AAK in Anlehnung an bestehende oder zukünftige Grenzwerte für die BAK ist auf die Ergebnisse von Trinkversuchen zurückzugreifen. Diese Trinkversuche dienen zunächst der Feststellung, welche Schwankungen die AAK bezogen auf die BAK aufweist. Wenn auch dieses Verhältnis nach dem Henryschen Gesetz allein von der Temperatur abhängt, so gilt das nur für die AAK der Alveolarluft und die BAK des Lungen-Kapillarblutes. Da durch die in Abschnitt 3 geschilderten Maßnahmen die Erfassung von Alveolarluft bei der Atemalkoholmessung sichergestellt werden soll, ist der eigentliche Zweck der AAK/BAK-Vergleichsmessungen in der Untersuchung des Zusammenhanges der BAK im Lungen-Kapillarblut und der

nach den gesetzlichen Regelungen aus dem Serum (bzw. Plasma) bestimmten BAK zu sehen.

Die Trinkversuche zur Bestimmung der AAK/BAK-Verhältnisse sind grundsätzlich an einer Probandenstichprobe durchzuführen, bei der alle Einflußgrößen die gleiche Verteilung aufweisen, wie sie bei späterer Anwendung der Atemalkoholanalyse in der polizeilichen Praxis zu finden sein werden. Die Erfüllung dieser Stichprobenforderung ist a priori unmöglich. Es muß vielmehr der Weg beschritten werden, die bei Laboratoriums-Trinkversuchen gemessenen Verteilungen unter plausiblen Annahmen mit den bei Praxistests ermittelten Verteilungen zu vergleichen. Führt der Vergleich zu übereinstimmenden Ergebnissen, so ist anzunehmen, daß die Einflußgrößen in den verglichenen Personengruppen ähnlich häufig vorkommen, sofern ihr Einfluß von Bedeutung ist.

Als Beurteilungsgröße, die den unmittelbaren Zusammenhang zwischen der AAK und der BAK herstellt, wird das Verhältnis AAK/BAK gewählt. Dadurch entfällt die Abhängigkeit von allen Einflußgrößen, die sich bei einer Person proportional auf die AAK und die BAK auswirken. Hierzu gehören Alkoholmenge, Geschlecht, Alter, Körpergröße, Trinkgewohnheit. Dagegen wirken sich Nahrungsaufnahme, das Gewicht in Form der Körperoberfläche, das Trinkschema und evtl. bestimmte Erkrankungen in unterschiedlicher Weise auf das AAK/BAK-Verhältnis aus (vgl. FOUS, WERMUTH, SPICHAL, GATTERBAUER 1989; HEIN, VOCK 1989).

Die Festlegung von Grenzwerten für die AAK sollte nach übereinstimmender Auffassung der Mitglieder der projektbegleitenden Kommission und dem Bundesgesundheitsamt unter dem Gesichtspunkt erfolgen, daß Personen, die sich der Atemalkoholbestimmung unterziehen, in rechtlicher Hinsicht nicht Personen gegenüber benachteiligt sind, bei denen eine Blutalkoholbestimmung durchgeführt wird. Da diese Forderung wegen der fehlenden durchgängigen Konvertierbarkeit zwischen AAK und BAK nicht in jedem Einzelfall zu erfüllen ist, ohne die AAK-Grenzwerte unverhältnismäßig hoch (d.h. entgegen den Forderungen an die Verkehrssicherheit) anzusetzen, sind Wahrscheinlichkeitsaussagen erforderlich. Die Forderung hinsichtlich eines AAK-Grenzwertes muß danach lauten, daß beim Vorliegen einer BAK, die einem BAK-Grenzwert entspricht, die Wahrscheinlichkeit mehr als 50% dafür beträgt, daß der gleichzeitig gemessene AAK-Wert unter dem ausgewählten AAK-Grenzwert liegt.

## 4.2 Schema der Trinkversuche

Die Durchführung neuer Trinkversuche erwies sich als unumgänglich, da die bisherigen Trinkversuche nicht mit Meßgeräten und Verfahren durchgeführt wurden, die den in Abschnitt 3 gestellten Anforderungen genügen. Das bezieht sich insbesondere auf die fehlende Messung der Atemtemperatur.

Die neu durchgeführten Trinkversuche gliedern sich in Laboratoriums-Trinkversuche und Praxistests. Bei ersteren wurde der zeitliche Verlauf der AAK durch eine Vielzahl von Einzelmessungen bestimmt, und Blutabnahmen zur vergleichweisen Bestimmung der BAK erfolgten zu mehreren Zeitpunkten. Bei den Praxistests wurde nur eine Blutabnahme zur Bestimmung der BAK zwischen zwei Messungen der AAK eingeschlossen. Der AAK-Wert zum Zeitpunkt der Blutabnahme ergab sich durch lineare Interpolation.



Die Teilnahme der Probanden beiderlei Geschlechts an den Laboratoriums-Trinkversuchen erfolgte gegen Entgelt auf freiwilliger Basis. Eine besondere Auswahl nach dem Alter wurde in Anbetracht der an männlichen Probanden gefundenen Ergebnisse von HEIN und VOCK (1989) nicht getroffen. Entsprechend den Auflagen der angesprochenen Ethikkommissionen des Bundesgesundheitsamtes und der Berliner Ärztekammer durften nur Probanden an den Versuchen teilnehmen, die keine gesundheitliche Beeinträchtigung zeigten. Diese Vorsichtsmaßnahme bezog sich hauptsächlich auf Erkrankungen der Lungen und der Leber. Demzufolge waren bei allen Probanden umfangreiche ärztliche Voruntersuchungen notwendig. Über die Beeinflussung der Atemalkoholanalyse bei pathologischen Veränderungen berichteten KIRMAIER und MÜLLER (1983).

Zu den weiteren Auflagen der beteiligten Ethikkommissionen gehörte die Beschränkung der bei den Trinkversuchen aufgenommenen Ethanolmenge auf maximal 1g Ethanol pro kg Körpergewicht. Das führte in der Folge dazu, daß die maximale AAK unterhalb einer Grenze von 0,6 mg/l blieb. Eine Beendigung des Trinkversuches war erst möglich, nachdem die AAK auf einen Wert von unter 0,14 mg/l (entsprechend einer BAK von 0,3 go/oo) abgesunken war. Demzufolge erstrecken sich alle AAK-Werte auf den genannten Bereich.

Bei der Durchführung der Laboratoriums-Trinkversuche wurden drei verschiedene Trinkschemata angewandt:

- Langzeittrinken  
Die Alkoholaufnahme erfolgte über einen Zeitraum von etwa 2 h, wobei in regelmäßigen Zeitabständen von 15 min gleiche Ethanolmengen verabfolgt wurden (31 Probanden).
- Langzeittrinken mit Schlußtrunk  
Die Alkoholaufnahme erfolgte zunächst in Form des Langzeittrinkens über mehr als 1 h, danach schloß sich ein Kurzzeittrinken an, wobei für beide Schemata jeweils gleiche Ethanolmengen verabreicht wurden (15 Probanden).
- Kurzzeittrinken  
Die Alkoholaufnahme erfolgte in einem Zeitraum von 10 bis 20 min (53 Probanden).

Bei den Laboratoriums-Trinkversuchen konnten die Probanden den Alkohol beliebig mit Mineralwasser und Orangensaft verdünnt zu sich nehmen. Die Geschlechts- und Altersverteilung der Probanden ist im Anhang 4.2 angegeben.

Beispiele für die erhobenen Probandendaten und die zeitlichen Verläufe der AAK und der BAK bei den verschiedenen Trinkschemata sind im Anhang 4.2 zusammengestellt.

Die Praxistests gliedern sich in AAK-BAK-Vergleichsuntersuchungen, die in Zusammenarbeit mit dem Bund gegen Alkohol im Straßenverkehr in Bad Boll durchgeführt wurden (s. SCHOKNECHT 1990; 42 Probanden) und in entsprechende Untersuchungen in Zusammenarbeit mit der Berliner Polizei (33 Probanden).

#### 4.3 Bestimmung des AAK-BAK-Verhältnisses in der Eliminationsphase

Aus einer Betrachtung der Zeitverläufe von AAK und BAK in der Eliminationsphase (s. Anhang 4.2), sowie aus den Ergebnissen früherer Untersuchungen (z.B. SCHOKNECHT et al. 1981) ist zu entnehmen, daß im Zeitraum von mehr als 2 h nach Trinkende sich bei allen Trinkschemata ein konstantes

Verhältnis von AAK/BAK einstellt. Der Zahlenwert dieses Verhältnisses ist jedoch von Proband zu Proband unterschiedlich.

Zur Ermittlung der Verteilung dieses Verhältnisses wurden für alle Trinkschemata die Ergebnisse der BAK-Bestimmungen für Zeitpunkte von mehr als 2 h nach Trinkende mit dem Ergebnis der unmittelbar davor und danach liegenden AAK-Messung verglichen. Es erfolgte dabei eine lineare Interpolation auf den Zeitpunkt der Blutabnahme. Aus diesen Ergebnissen wurde jeweils der Quotient AAK/BAK bestimmt. Die für die verschiedenen Trinkschemata bestimmten Mittelwerte des Quotienten gebildet aus den Einzelwerten aller Probanden, die Anzahl der Meßwerte und die dazugehörigen Standardabweichungen sind in Tab. 6 zusammengestellt.

Trinkschema	Anzahl der Meßwerte	Mittelwert	Standardabw.
Langzeittrinken	34	0,481	0,029
Langzeittrinken und Schlußtrunk	17	0,484	0,023
Kurzzeittrinken	185	0,475	0,023
alle Trinkschemata	236	0,477	0,025

AAK in mg/l  
BAK in go/oo

Tab. 6: Mittelwerte und Standardabweichungen des Verhältnisses AAK/BAK ermittelt bei Laboratoriums-Trinkversuchen für Zeiten von mehr als 2 h nach Trinkende

Die Häufigkeitsverteilung des Verhältnisses AAK/BAK für alle Trinkschemata ist in normierter Form in Abb. 1 aufgezeichnet.

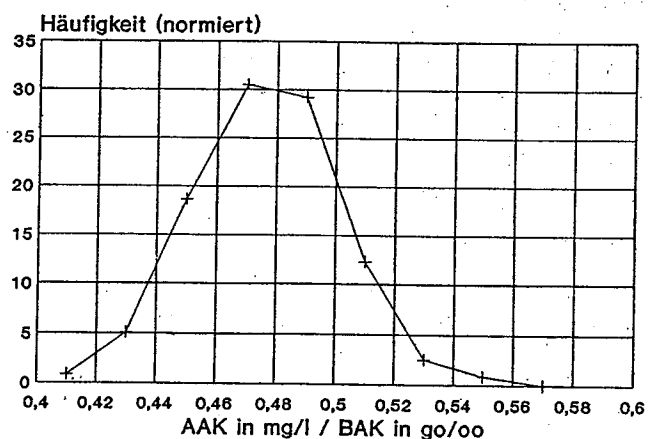


Abb. 1: Meßwerte AAK/BAK für  $t > 2$  h  
Kalibrierung 1 g/lW  $\rightarrow$  0,4 mg/l L

Als Ergebnis des Vergleichs von AAK- und BAK-Werten bei den Laboratoriums-Trinkversuchen ergibt sich für Zeiten von mehr als 2 h nach Trinkende:

$$\text{AAK/BAK} = (0,477 \pm 0,025) \text{ mg/l/go/oo}$$

oder

$$\text{BAK/AAK} = (2,098 \pm 0,110) \text{ go/oo/mg/l}$$

Der experimentell bestimmte Mittelwert von 2,098 stimmt fast exakt mit dem Wert von 2,100 überein, der 1972 durch ein „ad hoc committee“ der Indiana University (zit. nach GRÜ-

NER 1985) festgestellt wurde, wobei allerdings Angaben über Verteilungsparameter (z.B. die Standardabweichung) fehlen.

Die Verteilung der AAK/BAK-Verhältnisse beruht auf der Kalibrierung der Atemalkoholmeßgeräte bei 34 °C an einem Simulator, der mit Ethanollösungen von 1 g pro l Wasser (d.h. Wasseralkoholkonzentration WAK = 1 g/l) beschickt war. Diese WAK führte zu einer AAK-Anzeige von 0,400 mg/l (genau 0,399 mg/l nach SCHOKNECHT, KOPHAMEL, BARDUHN 1989).

Aus dem AAK/WAK-Verhältnis von 0,400 folgt dann für das WAK/BAK-Verhältnis:

$$\text{WAK/BAK} = (1,193 \pm 0,063) \text{ g/l/go/oo}$$

Stellt man diesen Untersuchungsergebnissen die Angaben von HARGER et al. (1950) gegenüber, der ein AAK/WAK-Verhältnis von 0,393 gefunden hatte, so ergibt sich daraus ein WAK/BAK-Verhältnis von 1,21.

Der oben angegebene Mittelwert für das Verhältnis BAK/AAK von 2,098 wird im folgenden in gerundeter Form (2,1) benutzt, um die Zahlenwerte der AAK (in mg/l) mit den Zahlenwerten der BAK (in go/oo) zu vergleichen. Dabei wird 2,1 als reiner Zahlenfaktor benutzt (d.h. durch Multiplikation der AAK mit 2,1 bleibt die Einheit mg/l unverändert). Um zu einer einheitlichen Darstellung aller Ergebnisse zu gelangen, wird der Zahlenfaktor auch bei der Wiedergabe der AAK/BAK-Verhältnisse verwendet, die für Zeiten unter 2 h nach Trinken (also auch in der Anflutungsphase) vorliegen.

#### 4.4 Auswertung der Laboratoriums-Trinkversuche

Die weitere Auswertung basiert ebenfalls auf den AAK/BAK-Verhältnissen, die in gleicher Art wie in Abschnitt 4.3 angegeben bestimmt wurden. In die Auswertungen gehen alle AAK/BAK-Verhältnisse ein, die nach mehr als 20 min (= 0,33 h) nach Trinken gemessen wurden. Der Grund für die Annahme eines Sicherheitszeitraumes von 20 min nach Trinken ist der nicht mit Sicherheit auszuschließende Einfluß von Mund- und Mundrestalkohol. Wie bereits erwähnt, zeigt das Verhältnis AAK/BAK mit zunehmender Annäherung an das Trinkzeitende insbesondere beim Kurzzeittrinken ein undefiniertes Verhalten (SCHOKNECHT, FLECK, KOPHAMEL 1990b).

Die Auswertungen erfolgten für die drei Trinkschemata für folgende Zeiten  $t$  nach Trinken:

- $t > 0,33 \text{ h}$  (d.h. alle Werte mehr als 20 min nach Trinken)
- $t = 0,33 \text{ bis } 1 \text{ h}$
- $t = 1 \text{ bis } 2 \text{ h}$
- $t > 2 \text{ h}$

Dabei wurde jeweils die Verteilung der mit 2,1 multiplizierten AAK/BAK-Werte bestimmt.

Aus den so gewonnenen Häufigkeitsverteilungen läßt sich nach Normierung auf den Wert 1 bzw. 100% durch Auftragen der kumulativen Verteilung die Wahrscheinlichkeit dafür ablesen, daß der mit 2,1 multiplizierte BAK-Wert kleiner als der mit einem Faktor  $Q$  multiplizierte BAK-Wert ist (s. Anhang 4.4). Die kumulativen Verteilungen  $H$  (AAK 2,1/BAK) sind für das Langzeittrinken in den Abb. 2 und 3, das Langzeittrinken mit Schlußtrunk in den Abb. 4 und 5 und das Kurzzeittrinken in den Abb. 6 und 7 aufgetragen.

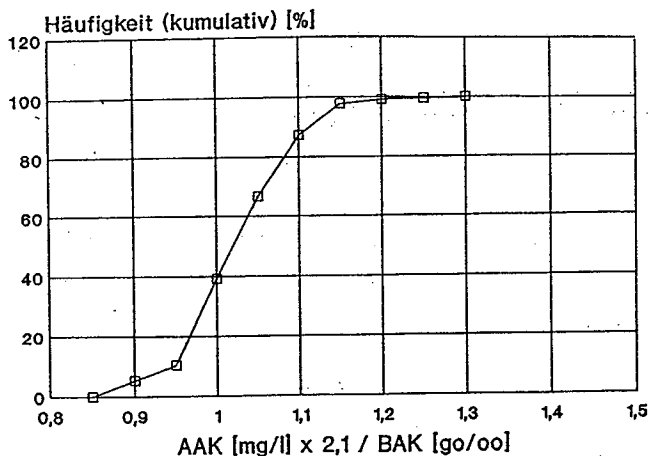


Abb. 2: Langzeittrinken ( $t > 0,33 \text{ h}$ )

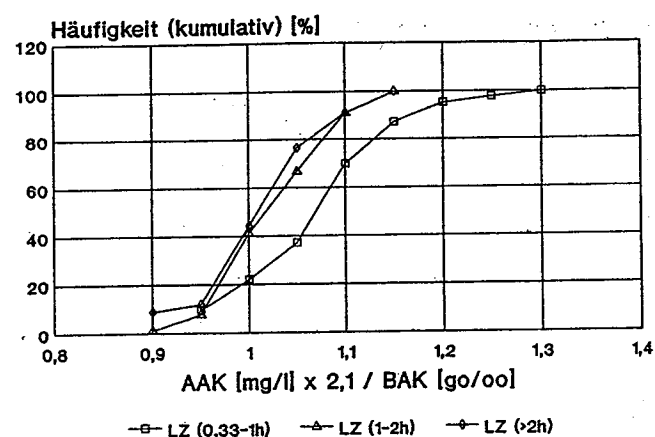


Abb. 3: Langzeittrinken aufgeteilt in drei Zeitintervalle

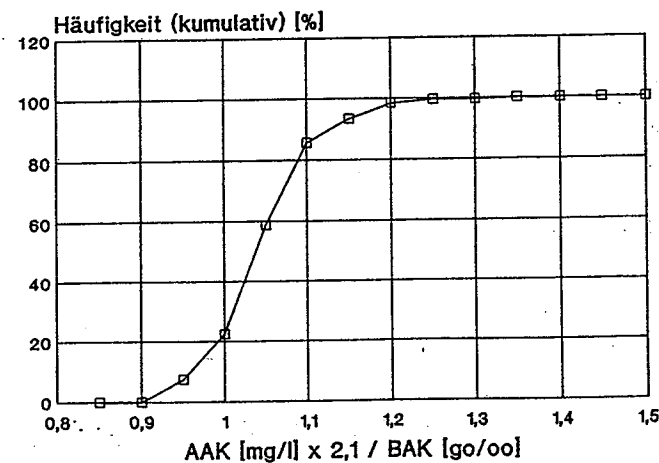


Abb. 4: Langzeittrinken mit Schlußtrunk ( $t > 0,33 \text{ h}$ )

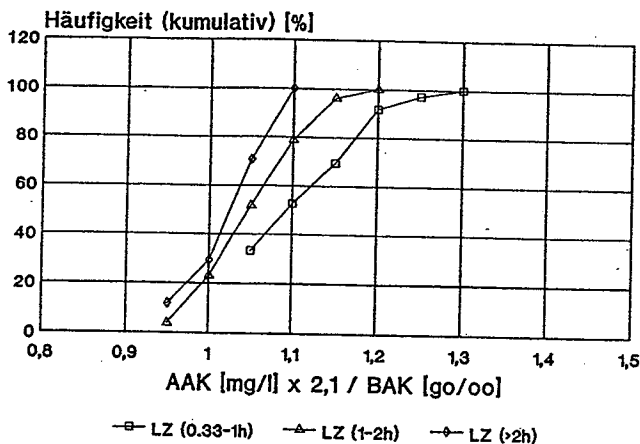


Abb. 5: Langzeittrinken mit Schlußtrunk aufgeteilt in drei Zeitintervalle

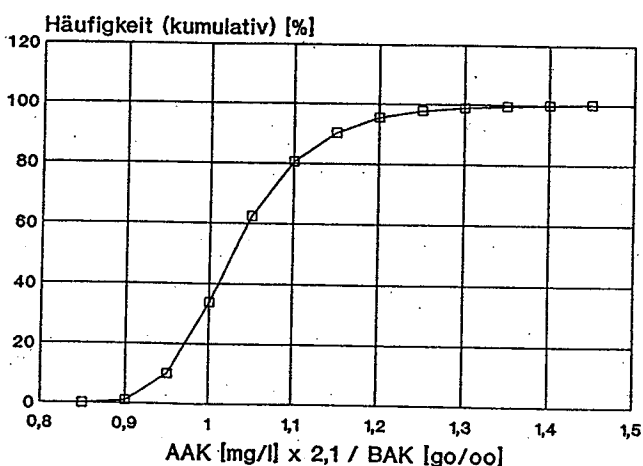


Abb. 6: Kurzzeittrinken ( $t > 0,33$  h)

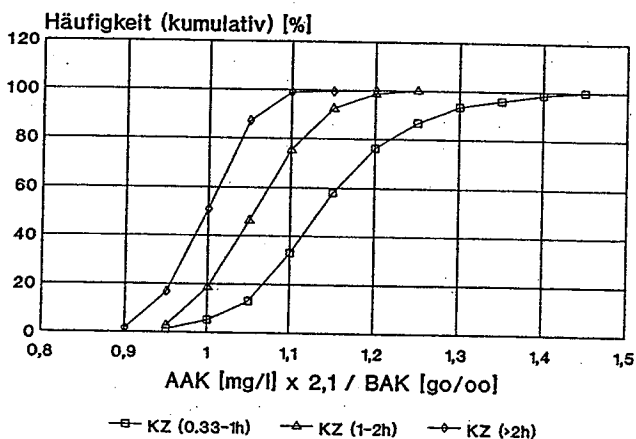


Abb. 7: Kurzzeittrinken aufgeteilt in drei Zeitintervalle

#### 4.5 Auswertung der Praxistests

Die gleiche Form der Auswertung wie für die Laboratoriums-Trinkversuche eignet sich auch für die durchgeführten Praxistests. Allerdings ist hierbei eine Unterteilung in bestimmte Zeiträume nach Trinkende nicht möglich. Bei den

Trinkversuchen in Zusammenarbeit mit dem Bund gegen Alkohol im Straßenverkehr e.V. (Bad Boll) waren zwar ungefähre Angaben über den Zeitpunkt des Trinkendes bekannt, jedoch erscheinen diese so unzuverlässig, daß nur eine Einteilung der Messungen in Zeiten  $t < 20$  min nach Trinkende und  $t > 20$  min nach Trinkende vorgenommen wurde (SCHOKNECHT 1990). Bei dem Praxistest in Zusammenarbeit mit der Berliner Polizei entfielen die Angaben über die Zeit nach Trinkende naturgemäß völlig. In Abb. 8 sind die gemessenen AAK-Werte (AAK 2,1) in Abhängigkeit von den BAK-Werten wiedergegeben. Die Abbildung zeigt, daß sämtliche von der Identitätsgeraden nach oben abweichenden Werte innerhalb eines +15%-Intervalles liegen. In etwa der gleichen Größe ist auch das Intervall für die nach unten abweichenden AAK-Werte.

In Abb. 9 ist die kumulative Verteilung für den Praxistest in Bad Boll und in Abb. 10 für den Praxistest mit der Polizei aufgetragen. Dabei sind in Abb. 10 die kumulativen Verteilungen der AAK-Werte ohne Temperaturkorrektur (ohne T.K.) und mit Umrechnung auf die Bezugstemperatur von 34° C (mit T.K.) angegeben. Der Einfluß der Temperaturkorrektur äußert sich in der deutlichen Linksverschiebung der Verteilung.

Bei einem Vergleich fällt auf, daß in Abb. 10 die temperaturkorrigierte kumulative Verteilung gegenüber Abb. 9 deutlich nach links verschoben ist. Der Grund hierfür ist offensichtlich, daß die Messungen beim Praxistest mit der Polizei im Gegensatz zum Praxistest in Bad Boll längere Zeit nach Trinkende erfolgten. Die Verteilung der AAK/BAK-Werte des Praxistests in Bad Boll zeigt weitgehende Übereinstimmung mit der Verteilung des Langzeittrinkens (Laboratoriums-Trinkversuch: Meßzeitpunkte  $t = 0,33 \dots 1$  h, s. Abb. 3). Demgegenüber stimmt die Verteilung der AAK/BAK-Werte beim Praxistest mit der Polizei mit der Verteilung des Langzeittrinkens (Laboratoriums-Trinkversuch: Meßzeitpunkte  $t > 2$  h, s. Abb. 3) weitgehend überein. Die Unterschiede der verglichenen Verteilungen sind wesentlich geringer als die Unterschiede, die durch eine fehlende Temperaturkorrektur hervorgerufen sein könnten, wie der Vergleich in Abb. 10 zeigt. Dadurch kommt zum Ausdruck, daß der Einfluß der Temperaturkorrektur den Einfluß unterschiedlicher Stichprobensamensetzungen deutlich überwiegt. Insgesamt kann aus den Ergebnissen geschlossen werden, daß stichprobenbedingte Unterschiede gering sind und daher vernachlässigt werden können.

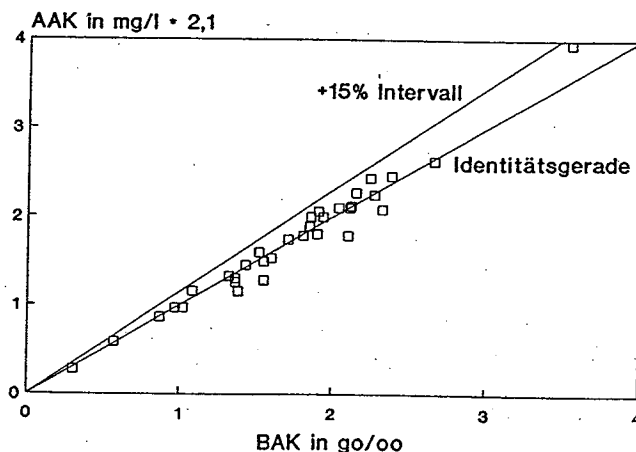


Abb. 8: Praxistest Polizei

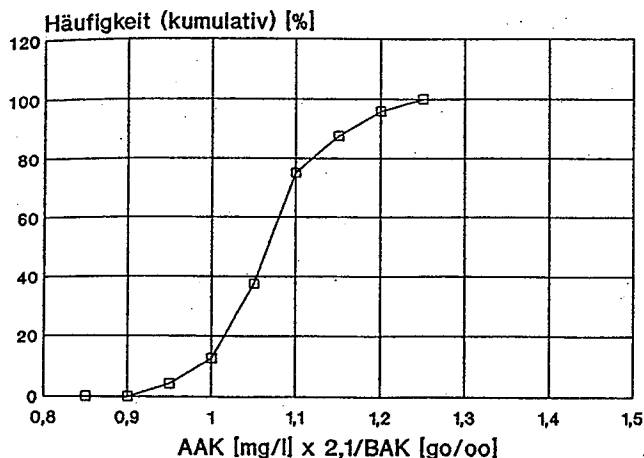


Abb. 9: Praxistest (Bad Boll, t > 0,33 h)

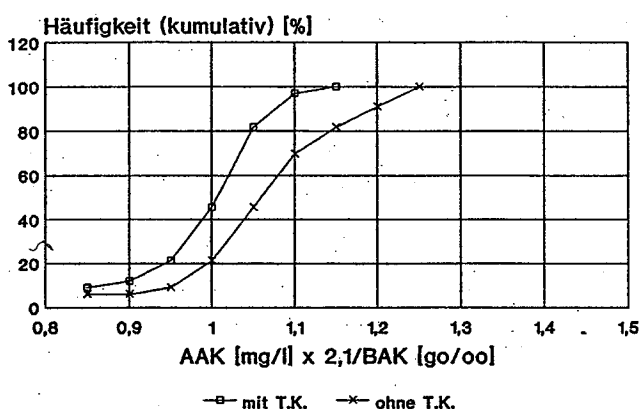


Abb. 10: Praxistest (Polizei): Einfluß der Atemtemperatur

#### 4.6 Vergleich von AAK und BAK nach Ergebnissen der Trinkversuche

Aus den Trinkversuchen, deren Ergebnisse in den Abbildungen der Abschnitte 4.4 und 4.5 dargestellt sind, lassen sich bei Vorgabe bestimmter Wahrscheinlichkeiten Q-Werte ablesen, so daß die folgende Beziehung gilt:

$$AAK < BAK \times Q/2,1$$

Die den Wahrscheinlichkeitsvorgaben von 50%, 75% und 95% entsprechenden Q-Werte sind in Tab. 7 für die Laboratoriums-Trinkversuche und in Tab. 8 für die Praxistests zusammengestellt.

Die Vorgabe von w = 50% bedeutet, daß die Methode der Atemalkoholbestimmung bezüglich der Rechtsfolgen der Methode der Blutalkoholbestimmung gleichgestellt wird. Bei Anwendung eines der für w = 50% angegebenen Q-Werte ist die Wahrscheinlichkeit, daß bei dem entsprechenden Trinkschema und dem jeweiligen Zeitintervall die AAK größer als die BAK multipliziert mit Q/2,1 ist ebenso wahrscheinlich, wie der umgekehrte Fall. Eine Wahrscheinlichkeit von w = 95% bedeutet, daß nur in 5% aller Fälle der AAK-Wert über dem BAK-Wert multipliziert mit Q/2,1 liegt.

Trinkschema	Zeitintervall nach Trinkende	w = 50% Q	w = 75% Q	w = 95% Q
Langzeit-trinken	t > 0,33 h	1,04	1,09	1,16
	t = 0,33... 1 h	1,07	1,12	1,20
	t = 1... 2 h	1,02	1,07	1,12
	t > 2 h	1,01	1,05	1,12
Langzeit-trinken und Schlußtrunk	t > 0,33 h	1,05	1,11	1,19
	t = 0,33... 1 h	1,09	1,16	1,23
	t = 1... 2 h	1,05	1,09	1,15
	t > 2 h	1,03	1,06	1,09
Kurzzeit-trinken	t > 0,33 h	1,03	1,09	1,20
	t = 0,33... 1 h	1,13	1,20	1,33
	t = 1... 2 h	1,06	1,10	1,17
	t > 2 h	1,00	1,03	1,08

Tab. 7: Zusammenstellung der Q-Werte für Wahrscheinlichkeiten von 50%, 75% und 95% nach Laboratoriums-Trinkversuchen

Untersuchung	w = 50% Q	w = 75% Q	w = 95% Q
Praxistest (Bad Boll)	1,07	1,10	1,20
Praxistest Polizei	1,01	1,04	1,09

Tab. 8: Zusammenstellung der Q-Werte für Wahrscheinlichkeiten von 50%, 75% und 95% nach Praxistests

#### 4.7 Annahmen zur Festlegung von AAK-Grenzwerten

Um Grenzwerte für die AAK im Hinblick auf gleichzeitig bestimmte BAK-Werte festlegen zu können, die auf dem Datenmaterial basieren, das bei den Laboratoriums-Trinkversuchen gewonnen wurde, sind bestimmte Annahmen über Meßzeiten und Trinkschemas notwendig. Eine Möglichkeit hierfür bietet der Rückgriff auf ein Trinkschema, das aus Befragungen bei einer Studie „Alkohol und Fahren“ (KRETSCHMER-BÄUMEL, KARSTEDT-HENKE 1986) gewonnen wurde. Dabei ergaben die (bisher unveröffentlichten) Auswertungen der Befragung von Kraftfahrern:

- 74,0% der Probanden nehmen alkoholische Getränke gleichmäßig verteilt über einen Zeitraum von 2 h auf, 10,9% zu Beginn, 12,4% in der Mitte und 2,7% gegen Ende des Zeitraumes der Trinksituation.

Für die Meßzeitpunkte soll folgende Annahme gelten:

- die Meßzeitpunkte nach dem Trinkende sind gleichmäßig über bestimmte Zeiträume verteilt (Gleichverteilung).

Da über Verteilung der Meßzeitpunkte nach Trinkende bei Polizeikontrollen keine Untersuchungen bekannt sind, werden die Berechnungen unter Annahme von Gleichverteilungen der Meßzeitpunkte über 2, 3, 4 und 5 h durchgeführt. Natürlich können mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen in ähnlicher Weise auch Berechnungen durchgeführt werden, denen andere Annahmen zugrunde liegen. Hierauf wird jedoch in diesem Gutachten wegen des geringen Einflusses auf die Ergebnisse – soweit sie sich auf die polizeiliche Anwendung der Atemalkoholanalyse beziehen – verzichtet.

Zur Berechnung der Verteilung der AAK/BAK-Werte für das angegebene Trinkschema wurde auf die Ergebnisse der Laboratoriums-Trinkversuche zurückgegriffen. Aus der mit

74,3% gewichteten Verteilung für das Langzeittrinken, den mit 9,4% und 13,8% gewichteten Verteilungen des Kurzzeittrinkens zu Beginn und zur Mitte des 2 h-Zeitraumes und dem mit 3,3% gewichteten Langzeittrinken mit Schlußtrunk ergeben sich durch Überlagerung die in Abb. 11 dargestellten kumulativen Verteilungen für die Meßzeiträume von 2 h, 3 h, 4 h und 5 h. Berücksichtigt ist dabei auch das 20 min-Intervall, das vor Beginn von Messungen verstrichen sein soll.

Zum Vergleich ist in Abb. 11 nochmals die kumulative Verteilung des Praxistests bei der Polizei eingetragen. Bei der Beurteilung der verschiedenen Verteilungen zeigen sich für die unterschiedlichen Meßzeiträume (2 ... 5 h) nur unwesentliche Unterschiede. Deutlich zu erkennen ist die Tendenz einer Linksverschiebung mit zunehmenden Meßzeiträumen. Dabei kommt die Verteilung für den Meßzeitraum von 5 h der Verteilung für den Praxistest bei der Polizei am nächsten. Aus diesem Grunde soll speziell diese Verteilung als aus den Laboratoriums-Trinkversuchen kombinierte Verteilung (kombiniertes Trinkschema) für die weiteren Betrachtungen Verwendung finden.

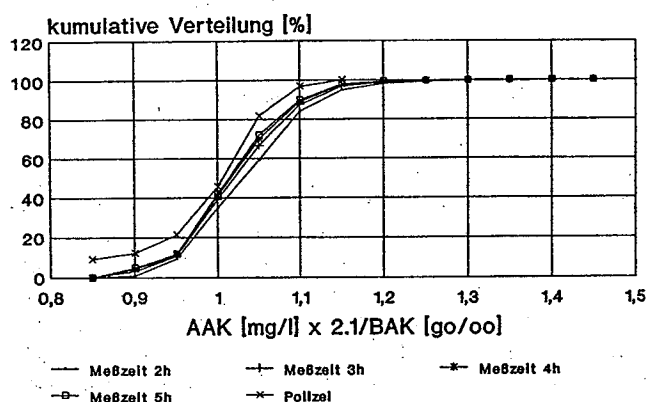


Abb. 11: Vergleich: Kombiniertes Trinkschema – Polizei

#### 4.8 Vorschläge für AAK-Grenzwerte

Da zum gegenwärtigen Zeitpunkt insbesondere wegen der Eingliederung der neuen Bundesländer in das Rechtssystem der Bundesrepublik Deutschland und im Hinblick auf zukünftige Regelungen der Europäischen Gemeinschaft die Grenzwertfrage bei der Blutalkoholanalytik in Teilbereichen offen ist, wird darauf verzichtet, Vorschläge für einen bestimmten Gefahrgrenzwert oder einen Grenzwert der absoluten Fahrunsicherheit isoliert zu machen. Angestrebt wird vielmehr entsprechend den Vorgaben des Bundesministers für Verkehr eine tabellarische Gegenüberstellung von BAK- und AAK-Grenzwerten.

Grundlage für die Feststellung der Grenzwerte sind die kumulativen Verteilungen, die sich aus Laboratoriums-Trinkversuchen (Meßzeiten > 2 h nach Trinkende), dem kombinierten Trinkschema nach Abschnitt 4.7 (Meßzeitraum 0,33 ... 5 h) und dem Praxistest mit der Polizei (s. Abschnitt 4.6) ergeben haben. Die entsprechenden Verteilungen sind in Abb. 12 zusammengestellt.

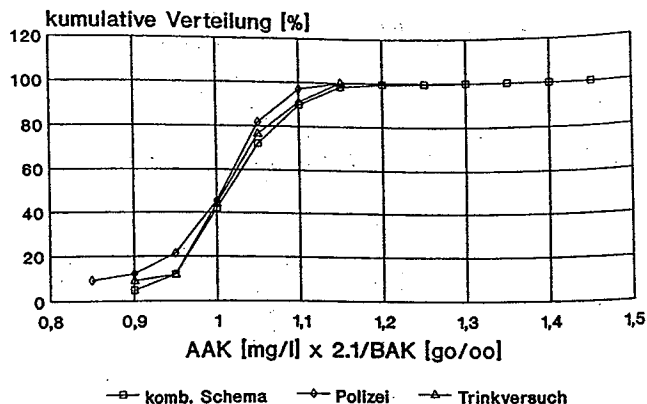


Abb. 12: Verteilungen zur Festlegung von AAK-Grenzwerten

Die beiden erstgenannten Verteilungen zeigen trotz der unterschiedlichen Herkunft des Datenmaterials eine weitgehende Übereinstimmung mit dem Praxistest bei der Polizei. Die verschiedenen Verteilungen sollen jedoch zunächst getrennt für die Festlegung der AAK-Grenzwerte Verwendung finden.

Die Bestimmung der Grenzwerte  $AAK_G$  für die AAK ergeben sich dabei aus den Grenzwerten  $BAK_G$  für die BAK nach der Gleichung

$$AAK_G [mg/l] = BAK_G [go/oo] Q/2,1$$

wobei die Q-Werte je nach geforderter Wahrscheinlichkeit  $w$ , mit der die AAK kleiner als die gleichzeitig gemessene BAK sein soll, aus Abb. 12 abzulesen sind. Die entsprechenden Q-Werte sind in Tab. 9 zusammengestellt.

	Q-Werte		
	w = 50%	w = 75%	w = 95%
Praxistest Polizei	1,01	1,04	1,09
Laboratoriums-Trinkversuch	1,01	1,05	1,12
kombiniertes Trinkschema	1,01	1,06	1,13

Tab. 9: Zusammenstellung von Q-Werten für verschiedene Wahrscheinlichkeiten abgelesen aus Abb. 12

Aus Tab. 9 ist abzulesen, daß sich die Q-Werte für Wahrscheinlichkeiten von 50% um weniger als 1% voneinander unterscheiden. Bei der Wahrscheinlichkeit von 75% unterscheiden sich die Q-Werte der verschiedenen Verteilungen um  $\pm 1\%$ . Erst bei Wahrscheinlichkeiten von 95% differieren die Q-Werte um maximal 4%.

Mit Hilfe der Q-Werte aus Tab. 9 sind in Tab. 10 für Wahrscheinlichkeiten von  $w = 50\%$ ,  $75\%$  und  $95\%$  AAK-Grenzwerte einer Liste von BAK-Grenzwerten gegenübergestellt. Die angegebenen AAK-Grenzwerte gelten für die mittlere kumulative Verteilung nach Abb. 12. Der hinzugefügte Schwankungsbereich ergibt sich aus den beiden anderen Verteilungen. Aus der Größe der Schwankungsbereiche ist der geringfügige Einfluß, den die unterschiedlichen kumulativen Verteilungen in Abb. 12 auf die Grenzwerte haben, deutlich erkennbar. Die Verwendung der mittleren Kurve erscheint daher gerechtfertigt.

BAK-Grenzwert [g/100]	AAK-Grenzwert [mg/l]		
	w = 50%	w = 75%	w = 95%
0,3	0,14	0,15 (0,15 ... 0,15)	0,16 (0,16 ... 0,16)
0,5	0,24	0,25 (0,25 ... 0,25)	0,27 (0,26 ... 0,27)
0,65	0,31	0,33 (0,32 ... 0,33)	0,35 (0,34 ... 0,35)
0,8	0,39	0,40 (0,40 ... 0,40)	0,43 (0,42 ... 0,43)
1,0	0,48	0,50 (0,50 ... 0,50)	0,53 (0,52 ... 0,54)
1,1	0,53	0,55 (0,54 ... 0,56)	0,59 (0,57 ... 0,59)
1,6	0,77	0,80 (0,79 ... 0,81)	0,85 (0,83 ... 0,86)
2,0	0,96	1,00 (0,99 ... 1,01)	1,07 (1,04 ... 1,08)

Tab. 10: Gegenüberstellung von BAK- und AAK-Grenzwerten für Wahrscheinlichkeiten w von 50%, 75% und 95% für AAK < BAK

Bei der Auswahl von Grenzwerten für die AAK erhebt sich die Frage nach einem Sicherheitszuschlag ähnlich demjenigen der Blutalkoholanalyse. Infolge der Forderung, die Grenzwerte der AAK im Hinblick auf die weiterbestehenden Blutalkoholbestimmungen und ihrer Grenzwerte festzulegen, besteht unabweislich die Notwendigkeit, die AAK-Grenzen auf die BAK-Grenzwerte einschließlich der zugehörigen Sicherheitszuschläge zu beziehen. Damit gehen die Unsicherheiten der Blutalkoholanalyse unmittelbar auch in die AAK-Grenzwerte ein. Dieses Vorgehen ist jedoch notwendig, um forensisch Blut- und Atemalkoholmeßwerte hinsichtlich von Grenzwertüberschreitungen miteinander vergleichen zu können.

Anstelle eines Sicherheitszuschlages für die AAK-Grenzwerte ist ein „Sicherheitsfaktor“ Q eingeführt worden, der dem Zweck dient, sicherzustellen, daß mit einer vorzuziehenden Wahrscheinlichkeit w ein gemessener AAK-Wert statistisch betrachtet unter dem AAK-Grenzwert liegt, falls ein gleichzeitig gemessener BAK-Wert den BAK-Grenzwert erreicht. Durch Auswahl bestimmter Wahrscheinlichkeiten ist es möglich, die Akzeptanz der Atemalkoholanalyse in der Öffentlichkeit zu erhöhen, indem Personen, die sich der Atemalkoholanalyse unterziehen, eine Besserstellung gegenüber denjenigen erfahren, die der Blutalkoholanalyse unterworfen werden.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

### 5.1 Ergebnisse

Die Beantwortung der drei in dem Gutachtenauftrag gestellten Fragen hat aufgrund der experimentellen Untersuchungen und der Weiterentwicklung der Meßtechnik zu dem Ergebnis geführt, daß die Atemalkoholanalytik ein in sich geschlossenes und widerspruchsfreies Verfahren zur Beurteilung des Alkoholisierungsgrades eines Probanden darstellt.

Die international gestellten Anforderungen der OIML (1988, 1989) beschränken sich im wesentlichen auf die rein technischen Eigenschaften der Atemalkoholmeßgeräte. Zu ihrer Überprüfung reicht die Anwendung von Atemtest-Simulatoren aus. Von wesentlicher Bedeutung für die forensische Brauchbarkeit der Atemalkoholanalytik ist jedoch die Lösung der Probleme, die bei der Messung der Atemalkoholkonzentration an Probanden auftreten. Hier mußten neue Lösungen gefunden werden, die weit über den Rahmen des bisher Realisierten hinausgehen.

Von besonderer Bedeutung erwies sich dabei die Einführung der Temperaturmessung in die Atemalkoholanalytik. Es erscheint unverständlich, daß der Einfluß, den die Temperatur auf das Verteilungsgleichgewicht des Ethanol zwischen Blut und Atemluft hat, bei den bisherigen Geräteentwicklungen nicht berücksichtigt wurde. Die Nichtbeachtung grundlegender physikalischer Tatsachen führte dann auch folgerichtig dazu, die Atemalkoholprobe als „Utopie eines forensisch brauchbaren Beweismittels“ (HEIFER 1986) zu bezeichnen. Bei der Erarbeitung des Gutachtens mußte daher auf eine Wertung aller früheren Ergebnisse von Messungen verzichtet werden, welche den Temperatureinfluß nicht berücksichtigten. Das gilt auch für die zahlreichen Untersuchungen über den Einfluß der Atemtechnik (Hypo- und Hyperventilation usw.) auf das Analyseergebnis. Lediglich Messungen an Simulatoren und mit Prüfgasen, die unter definierten Bedingungen (z.B. bei konstanter Temperatur) vorgenommen wurden, waren als aussagekräftig einzubeziehen. Ähnliche Aussagen wie für die Temperatur gelten – in

Anforderungen an die AAK-Messung	Maßnahmen zur Erfüllung
Grundanforderung	Einhaltung der OIML-Empfehlungen, Bauartzulassung durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Eichung und Nacheichung durch die Eichbehörden
Erfassung von Alveolarluft	Vorgabe von Mindestvolumina in Abhängigkeit von Geschlecht und Alter, Messung des Expirationsvolumens, Messung der Expirationsdauer
Vermeidung von Einflüssen der Körpertemperatur und der Umgebungstemperatur	Messung der Atemtemperatur und Umrechnung der AAK auf die Bezugstemperatur
Vermeidung von Einflüssen der Atemtechnik: Hyper- und Hypoventilation, Mundkühlung	Messung der Atemtemperatur und Umrechnung der AAK auf die Bezugstemperatur
Vermeidung von Meßwertbeeinflussung durch Mundrestalkohol oder Mundalkohol	Doppelmessung und Beurteilung der Meßwertdifferenz, „slope detection“, Wartezeit von 20 min (nach Trinkende)
Ausschluß die Messung beeinflussender Substanzen (Rauchen, Mundwasser, Spray usw.)	Kontrollzeit von 10 min (sie kann in der Wartezeit von 20 min enthalten sein)
Funktions- und Kalibrierungskontrolle bei jeder Messung	Messung mit zwei voneinander unabhängigen Meßsystemen (redundante Meßsysteme), elektronische Selbstkontrolle
Ethanolnachweis Erkennung von Fremdgasen	Messung in zwei Wellenlängenbereichen bei der Infrarotmessung

Tab. 11: Anforderungen an die Atemalkoholanalytik und Maßnahmen zur Erfüllung

wesentlich beschränkterem Umfang – auch für das Atemvolumen. Bereits jetzt sind die Meßgeräte, die als zuverlässig einzustufen sind, mit den erforderlichen Einrichtungen zur Volummessung ausgestattet. Allerdings unterblieb bisher in vielen Fällen eine Beurteilung des Volumenmeßergebnisses.

In der Tab. 11 sind die Anforderungen, die an eine beweisichere Atemalkoholmessung zu stellen sind, noch einmal stichpunktartig den Maßnahmen gegenübergestellt, die zur Erfüllung dieser Anforderungen vorgeschlagen werden. Es handelt sich dabei sowohl um Anforderungen an die Geräte als auch an das Meßverfahren, unter dem die Geräte zur Anwendung kommen.

Ergebnisse von Geräten, die den in Tab. 11 gestellten Anforderungen nicht genügen oder unter anderen Bedingungen zum Einsatz kommen, können in der Bundesrepublik Deutschland nur als Vortestergebnisse angesehen und entsprechend bewertet werden.

## 5.2 Zusammenhänge zwischen Atem- und Blutalkoholanalytik

Die Anforderungen an die Atemalkoholanalytik orientieren sich nach Möglichkeit an der Blutalkoholanalytik, wie sie in den Gutachten des Bundesgesundheitsamtes (BGA 1966, LUNDT 1977) festgeschrieben ist.

Beide Arten der Analytik sind spezifisch auf die Erfassung von Ethanol ausgerichtet. Allerdings ist die analytische Spezifität bei der Blutalkoholanalyse ausgeprägter als bei der Atemalkoholanalyse.

Die Untersuchung der AAK mit zwei Meßsystemen unterschiedlicher analytischer Spezifität kann mit der Blutalkoholanalyse nach zwei Verfahren (Gaschromatographie, ADH-Verfahren, Widmark-Verfahren) verglichen werden. Bei der Atemalkoholanalyse nach dem geforderten Verfahren handelt es sich um zwei vollständig getrennte Meßvorgänge einschließlich der Probennahme, wobei eine Zuordnung der Ergebnisse zu der Person, an der der Test vorgenommen wurde, kaum Schwierigkeiten bereiten dürfte. Demgegenüber findet bei der Blutalkoholanalyse eine mehrfache Auswertung desselben Probenmaterials statt. Bei der erst später vorgenommenen Auswertung ist zumindest theoretisch eine Verwechslung des Probenmaterials nicht völlig auszuschließen.

Die geforderte Anwendung des Eichgesetzes auf die Atemalkoholanalytik bedeutet eine typenmäßige Bauartzulassung sowie Erst- und Nacheichungen. Sie unterscheidet sich damit prinzipiell von der Blutalkoholanalytik, auf die gegenwärtig die Eichordnung keine Anwendung findet, da Ethanol in der Liste der Meßgrößen, für die eine Verfahrenskontrolle vorgeschrieben ist, fehlt (Anlage 1, BÄK 1988). Den Qualitätssicherungsmaßnahmen durch Anwendung von Standards und Kontrollproben bei der Blutalkoholanalytik entsprechen bei der Atemalkoholanalytik die Anwendung von zwei unabhängigen Meßsystemen und die Prüfung der Meßgeräte mit Prüfgasen oder Atemtest-Simulatoren.

Der von der OIML (1988) geforderten Standardabweichung der Meßpräzision bei der Atemalkoholanalyse von weniger als 0,006 mg/l (bei AAK-Werten unter 0,4 mg/l) bei Simulatormessungen steht die tatsächlich am Probanden gemessene Standardabweichung von weniger als 0,01 mg/l gegenüber. Dabei gehen in den letztgenannten Wert auch die physiologischen Schwankungen ein, denen der AAK-Wert unterworfen

ist. Aus diesem Grunde ist ein direkter Vergleich mit der Standardabweichung der Meßpräzision bei der Blutalkoholanalytik von etwa 0,01 go/oo (SCHOKNECHT, BGA 1990) schwierig, da sich diese Angabe nur auf eine Blutprobe bezieht. Systematische Abweichungen sind insbesondere bei der vorgeschlagenen Meßmethode schneller zu erkennen, als das bei der Blutanalytik der Fall ist.

Nachteilen der Atemalkoholanalyse, wie insbesondere die notwendige Bereitschaft des Probanden zur Mitarbeit (SCHNEBLE 1990) und die bisher kaum erprobte Möglichkeit zu einer späteren Kontrollanalyse durch Aufbewahrung einer Atemprobe, stehen entscheidende Vorteile der Praktikabilität dieser Methode beim polizeilichen Einsatz (LEHMANN, BRACKEMEYER 1985) und die Vermeidung einer Körperverletzung (ARBAB-ZADEH et al. 1985) gegenüber.

Eine Blutprobe eröffnet im Gegensatz zu einem Atemalkoholtest die Möglichkeit, mit Einwilligung des Probanden oder auf staatsanwaltschaftliche Anordnung eine Analyse auf andere forensisch bedeutsame Substanzen (Medikamente, Drogen usw.) durchzuführen. Wegen der bei der Blutentnahme erforderlichen Anwesenheit eines Arztes besteht dabei auch die Möglichkeit zur Erhebung eines ärztlichen Untersuchungsbefundes.

Die Notwendigkeit der Anwesenheit eines Arztes ist bei der Atemalkoholanalyse nicht gegeben. Unbestritten ist, daß es für die Gewährung der Verkehrssicherheit wünschenswert wäre, Verfahren zu entwickeln und gesetzlich zu verankern, mit denen auch andere Substanzen nachgewiesen werden können, die die Fahrtüchtigkeit beeinflussen. Auch die Atemalkoholanalyse eröffnet hierzu Möglichkeiten. Ansätze liefert die vorgeschlagene Methode der Infrarot-Absorptionsmessung in zwei Wellenlängenbereichen.

Für die Beurteilung der Fahrsicherheit ist von Bedeutung, daß die psychophysischen Leistungsausfälle bei gleichen BAK-Werten eines Probanden in der Anflutungsphase größer sind als in der Abbauphase (GRÜNER 1985). Die Fahrsicherheit wird besser durch die in der Anflutungsphase vergleichsweise höher liegende arterielle BAK als durch die venöse BAK beschrieben, die entsprechend dem gemeinsamen Erlaß der Bundesländer (1977) bei forensischen Blutalkoholbestimmungen ermittelt wird. Da nach den Untersuchungen von MARTIN et al. (1984) die AAK direkt der arteriellen BAK folgt, ist die AAK prinzipiell in der Anflutungsphase besser zur Beurteilung der Fahrtüchtigkeit geeignet als die venöse BAK (LOOS, HEIFER 1979; SCHOKNECHT 1983). In der Abbauphase stimmen venöse BAK bestimmt aus dem Serum (und unter Verwendung eines Divisors 1,20) und AAK im Mittel überein, wenn man die AAK mit dem experimentell bestimmten Faktor 2,1 multipliziert (s. Abschn. 4.3). Die individuellen Abweichungen vom Mittel sind durch die Bestimmung der BAK aus dem Serum bedingt.

## 5.3 Folgerungen

Um die Atemalkoholanalyse als beweisicher forensisch anzuwenden, ist die Festlegung eigener Grenzwerte nötig, wobei die notwendigen Zahlenangaben in Abschnitt 4.8 zu finden sind. Die Erfüllung der Forderung, daß Grenzwertüberschreitungen bei der Atemalkoholanalyse statistisch mit geringerer Wahrscheinlichkeit auftreten sollen als bei der Blutalkoholanalyse, hat entsprechend hoch angesetzte Grenzwerte zur Folge. Demgegenüber erfordert die Verkehrs-

cherheit möglichst niedrig angesetzte AAK-Grenzwerte. Schließlich ist zu entscheiden, ob der Sicherheitszuschlag auf die BAK-Werte auch in die festzusetzenden AAK-Grenzwerte eingehen soll. Die genannten Entscheidungen sind darüberhinaus unter Berücksichtigung der Regelungen der europäischen Nachbarn der Bundesrepublik und im Hinblick auf zukünftige EG-Regelungen zu treffen.

Von Seiten des Bundesgesundheitsamtes wird in Übereinstimmung mit der Auffassung des Bundesgerichtshofes bei der Festlegung der AAK-Grenzwerte nach Tab. 10 ein Wahrscheinlichkeitswert von 75% als geeigneter Kompromiß im Hinblick auf die Akzeptanz der Atemalkoholanalyse und den Belangen der Verkehrssicherheit angesehen. Diese Festlegung erfolgt insbesondere auch im Hinblick auf die Erhöhung der Dichte der Verkehrsüberwachung, die nach Einführung der beweissicheren Atemalkoholanalyse zu erwarten ist.

Als unumgänglich ist eine Erweiterung des § 24a des Straßenverkehrsgesetzes anzusehen. In Übereinstimmung mit einem Vorschlag von Seiten des Bundesministers der Justiz schlägt das Bundesgesundheitsamt folgende Neufassung vor:

„(1) Ordnungswidrig handelt, wer im Straßenverkehr ein Kraftfahrzeug führt, obwohl er 0,4 mg/l oder mehr Alkohol in der Alveolarluft (tiefe Lungenluft) oder 0,8 Promille oder mehr Alkohol im Blut oder eine Alkoholmenge im Körper hat, die zu einer solchen Atem- oder Blutalkoholkonzentration führt.“

Dieser AAK-Grenzwert ist der Vorschlag des Bundesgesundheitsamtes, der in Übereinstimmung steht mit den gesetzlichen Regelungen in anderen europäischen Ländern (vgl. FLECK, SCHOKNECHT 1990 b):

– Belgien:	BAK-Grenzwert 0,5 Promille
	AAK-Grenzwert 0,22 mg/l
– Frankreich:	BAK-Grenzwert 0,8 Promille
	AAK-Grenzwert 0,40 mg/l
– Großbritannien:	BAK-Grenzwert 0,8 Promille
	AAK-Grenzwert 0,35 mg/l
– Niederlande:	BAK-Grenzwert 0,5 Promille
	AAK-Grenzwert 0,22 mg/l
– Norwegen:	BAK-Grenzwert 0,5 Promille
	AAK-Grenzwert 0,25 mg/l
– Österreich:	BAK-Grenzwert 0,8 Promille
	AAK-Grenzwert 0,40 mg/l
– Schweden:	BAK-Grenzwert 0,2 Promille
	AAK-Grenzwert 0,10 mg/l

Der AAK-Grenzwert in den Niederlanden ( $220 \mu\text{g/l} = 0,22 \text{ mg/l}$ ) gilt unter der Voraussetzung, daß von dem gemessenen AAK-Wert mehr als 10% (als ein Sicherheitszuschlag) abgezogen werden, so daß der effektive Grenzwert etwa 0,25 mg/l beträgt.

Sollte der Gefahrgrenzwert für die Blutalkoholanalyse in der Bundesrepublik Deutschland auf 0,5 Promille (go/oo) herabgesetzt werden, so wäre nach Tab. 10 der entsprechende AAK-Grenzwert von 0,25 mg/l in den obigen Gesetzestext einzusetzen.

Dem Grenzwert für die absolute Fahrunsicherheit, der nach dem Beschluß des Bundesgerichtshofes (BGH 1990) einschließlich des Sicherheitszuschlages (SCHOKNECHT 1990b) bei der Blutalkoholanalyse 1,1 go/oo beträgt, entspricht nach Tab. 10 ein AAK-Grenzwert von 0,55 mg/l. Auch diese Festlegung gilt bei der Wahrscheinlichkeitsvorgabe von 75%.

Die Geräteindustrie sollte aufgefordert werden, Atemalkoholmeßgeräte zu entwickeln, die den gestellten Anforderun-

gen genügen. Nach den vorliegenden Erfahrungen ist die Möglichkeit hierzu bei dem gegenwärtigen Stand der Technik gegeben. Im Rahmen der Bearbeitung dieses Gutachtens war es noch nicht möglich, auf industriell gefertigte Geräte zurückzugreifen. Vielmehr mußten alle Erfahrungen an laboratoriumsmäßig erweiterten Meßgeräten gesammelt werden. Dies gelang durch die Entwicklung von Zusatzeinrichtungen (wie z.B. für die Temperaturmessung) ohne Eingriffe in die Geräte selbst.

Schließlich sind die notwendigen Vorbereitungen zur Anwendung des Eichgesetzes auf die Atemalkoholmessung zu treffen. Hierzu gehört die Erarbeitung von Richtlinien für die Bauartzulassung durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt unter Berücksichtigung der in diesem Gutachten erhobenen Forderungen. Eine wesentliche Anforderung bei der Zulassung von neuentwickelten, beweissicheren Atemalkoholmeßgeräten muß dabei nach den vorliegenden Erfahrungen eine Erprobung in Trinkversuchen und Praxistests sein.

## Anhang

### Anhang zu Kapitel 2.3

#### Richtigkeitsprüfungen

Für die Richtigkeitsprüfungen wurde der Atemtest-Simulator mit wäßrigen Ethanollösungen unterschiedlicher Konzentration (WAK) beschickt. Die Einwaagen beruhen darauf, daß eine WAK von 1 g/l Wasser bei 34° C eine AAK von 0,400 mg/l Luft ergibt. Messungen fanden im Bereich von 0 bis 1 mg/l statt.

Bei jeder WAK wurden mit jedem Meßgerät mindestens 5 Einzelmessungen durchgeführt und deren Mittelwert bestimmt. Die Differenzen der Mittelwerte zu den Sollwerten sind in ein Diagramm eingetragen.

Abb. 13 zeigt die Abweichungen vom Sollwert für die IR-Meßgeräte (Alcomat FA 113 und Alcotest 7110), Abb. 14 die entsprechenden Ergebnisse für das Brennstoffzellen-Meß-

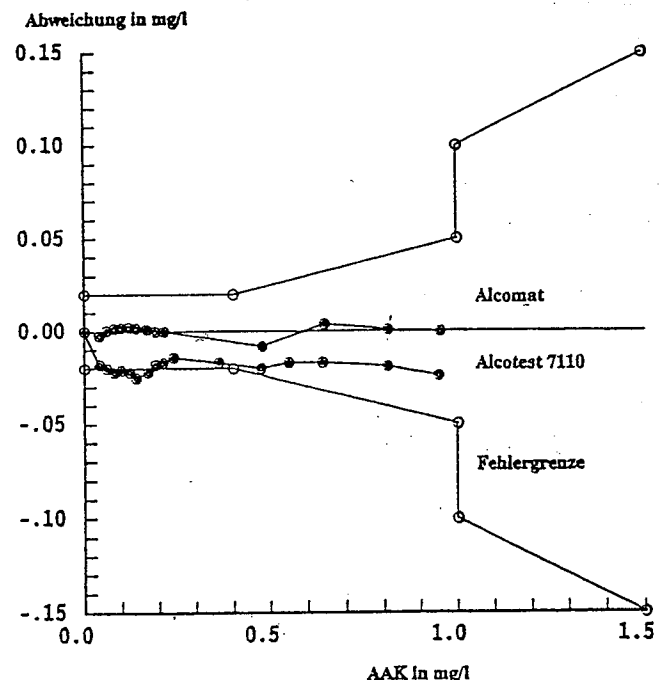


Abb. 13: Ergebnisse der Richtigkeitsprüfungen an IR-Atemalkoholmeßgeräten



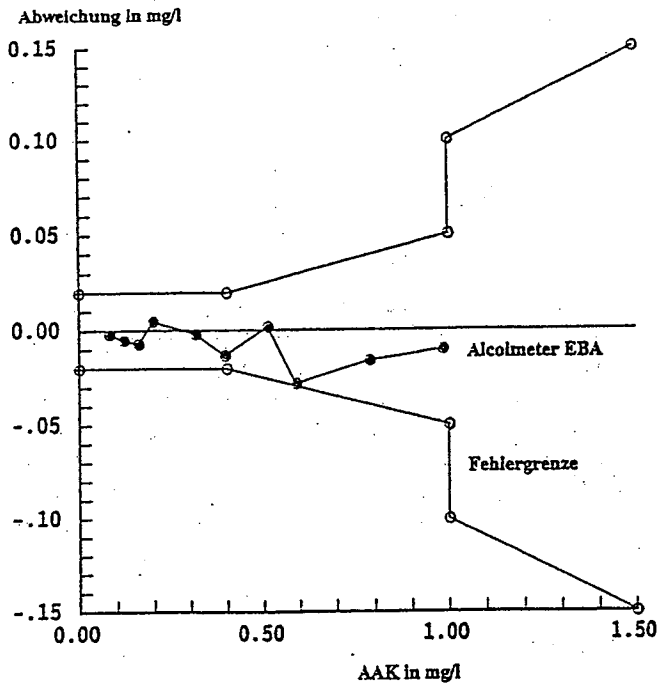


Abb. 14: Ergebnis der Richtigkeitsprüfung eines Brennstoffzellen-Meßgerätes

gerät (Alcolmeter EBA). In beiden Abbildungen sind außerdem die maximal zulässigen Fehlergrenzen entsprechend den gestellten Anforderungen eingetragen.

Anhang zu Kapitel 2.4

Bestimmung der Meßpräzision

Zur Durchführung von Bestimmungen der Meßpräzision wurde der Atemtest-Simulator mit Ethanollösungen unter-

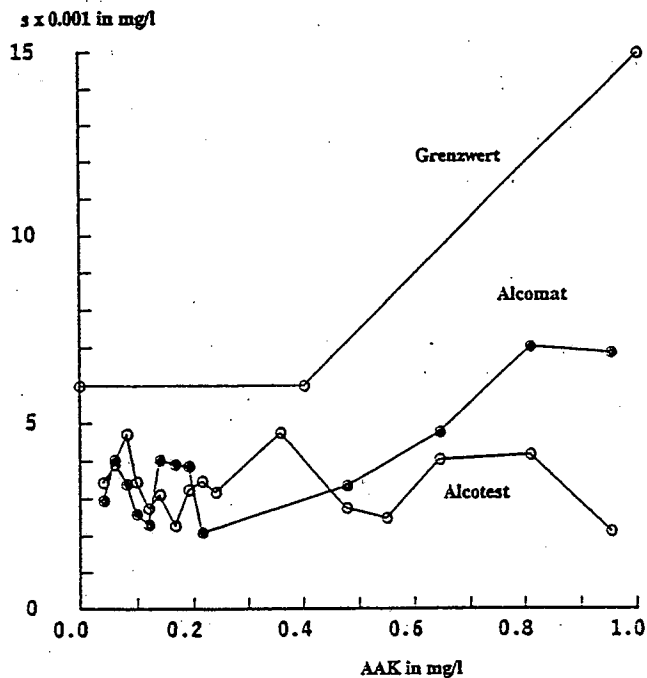


Abb. 15: Standardabweichungen s in Abhängigkeit von den AAK-Mittelwerten für IR-Meßgeräte

schiedlicher Konzentrationen beschickt, so daß sich AAK-Werte im Bereich von 0 bis 1,0 mg/l bei 34° C ergeben.

Für die jeweilige Konzentration wurden Mittelwert und Standardabweichung s aus mindestens 10 Einzelmessungen bestimmt.

Die Standardabweichungen s sind für die IR-Meßgeräte (Alcomat FA 113 und Alcotest 7110) in Abb. 15 in Abhängigkeit vom Mittelwert und in Abb. 16 in entsprechender Weise für das Brennstoffzellen-Meßgerät (Alcolmeter EBA) wiedergegeben.

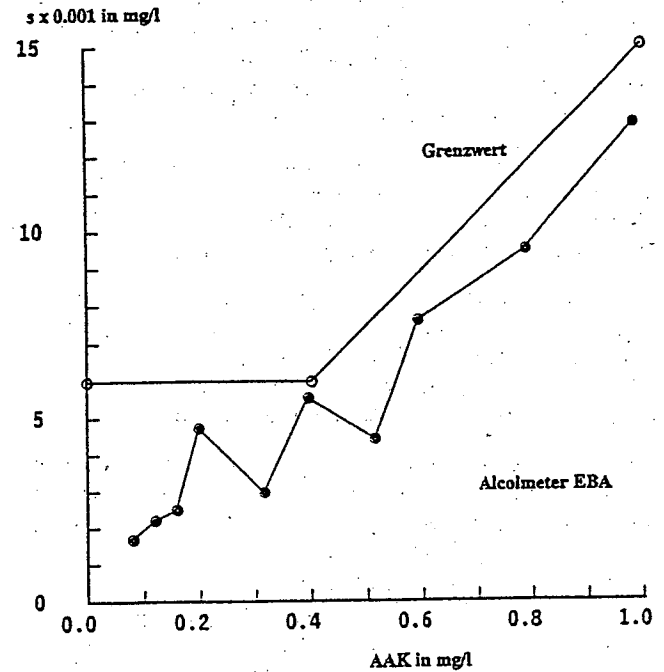


Abb. 16: Standardabweichungen s in Abhängigkeit von den AAK-Mittelwerten für das Brennstoffzellen-Meßgerät

Anhang zu Kapitel 2.5

Bestimmung der Drift

Die Untersuchungen zur Messung der Drift fanden am Atemtest-Simulator statt, der mit Ethanollösungen von 1 g/l Wasser beschickt war und auf einer Temperatur von 34° C über die verschiedenen Meßzeiträume gehalten wurde. Zu den Meßzeitpunkten wurden jeweils 3 bis 5 Einzelmessungen durchgeführt und die Mittelwerte in ein Diagramm eingetragen.

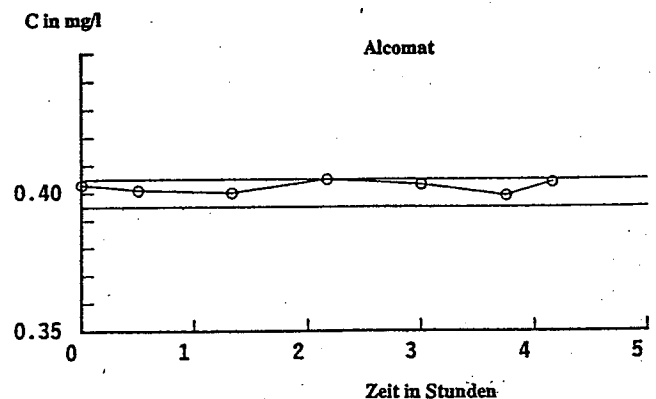


Abb. 17: Kurzzeitdrift Alcomat FA 113

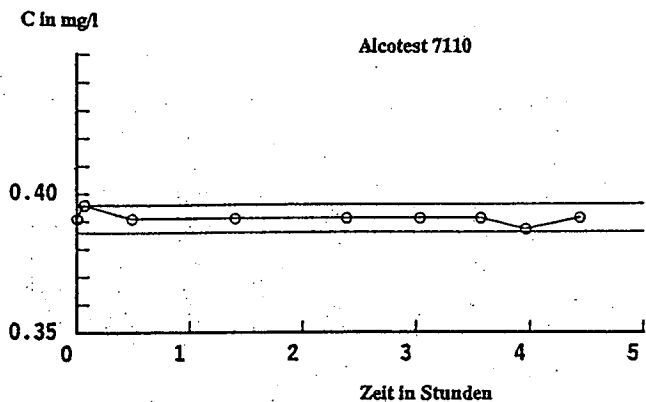


Abb. 18: Kurzzeitdrift Alcotest 7110

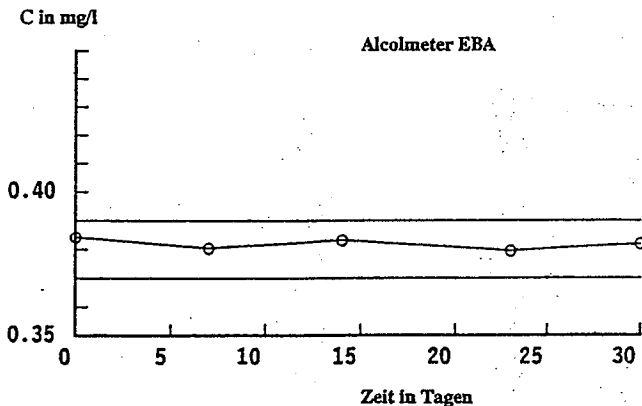


Abb. 22: Langzeitdrift Alcolmeter EBA

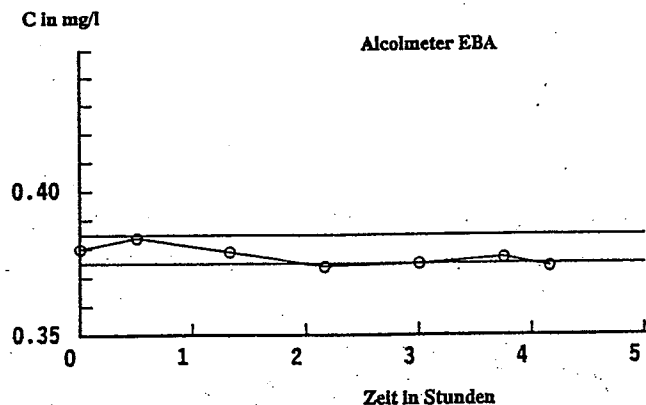


Abb. 19: Kurzzeitdrift Alcolmeter EBA

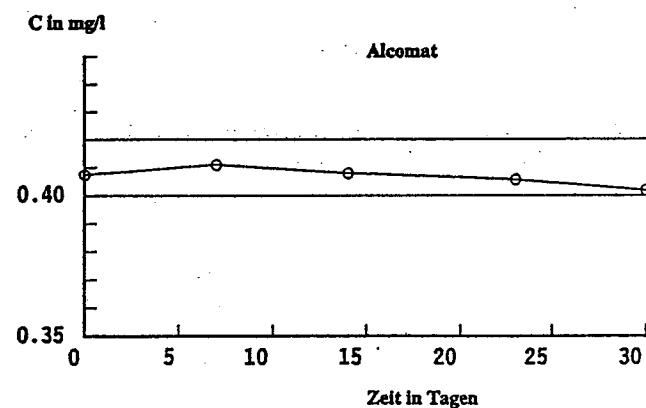


Abb. 20: Langzeitdrift Alcomat FA 113

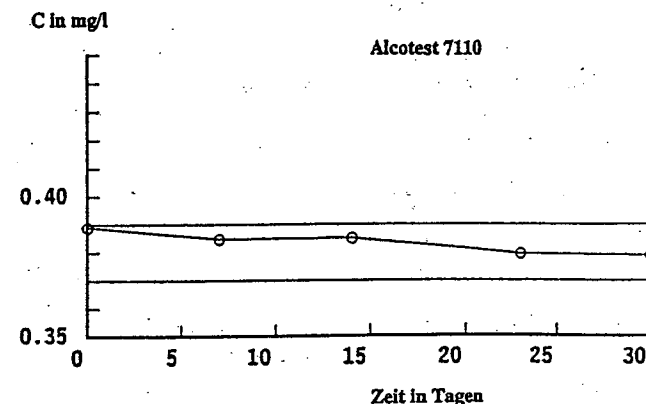


Abb. 21: Langzeitdrift Alcotest 7110

In den Abb. 17 bis 19 ist das Ergebnis der Messungen zur Kurzzeitdrift (über mindestens 4 h) und in den Abb. 20 bis 22 das Ergebnis der Messungen zur Langzeitdrift (über 30 Tage) wiedergegeben, außerdem sind in den Abbildungen die Grenzwerte eingetragen.

Anhang zu Kapitel 2.6

Hysteresisprüfungen

Für die Hysteresisprüfungen fanden zwei Atemtest-Simulatoren Anwendung, wobei ein Simulator mit Ethanollösungen von 1 g/l und der andere mit Ethanollösungen von 5 g/l beschickt war. Dadurch waren Messungen bei unterschiedlichen Konzentrationen in schnellem Wechsel möglich.

Die Prüfungen bestanden darin, bei jedem Gerät zunächst 10 Messungen bei niedriger Konzentration (zur Bestimmung des Ausgangsniveaus), dann je 10 Messungen im schnellen Wechsel von hoher und niedriger Konzentration und schließlich 10 Messungen bei niedriger Konzentration (zur Bestimmung des Endniveaus) durchzuführen. Bei den Wechselmessungen darf der Hysteresiseffekt 4% bezogen auf die niedrige Konzentration nicht überschreiten.

In den Abb. 23 bis 25 sind die Ergebnisse der Hysteresismessungen für die verschiedenen Meßgeräte wiedergegeben. Dargestellt ist als Säulendiagramm der Mittelwert der 10 Ausgangsmessungen, der 10 Wechselmessungen und der 10 Endmessungen. Ferner ist das 4% Toleranzintervall eingetragen.

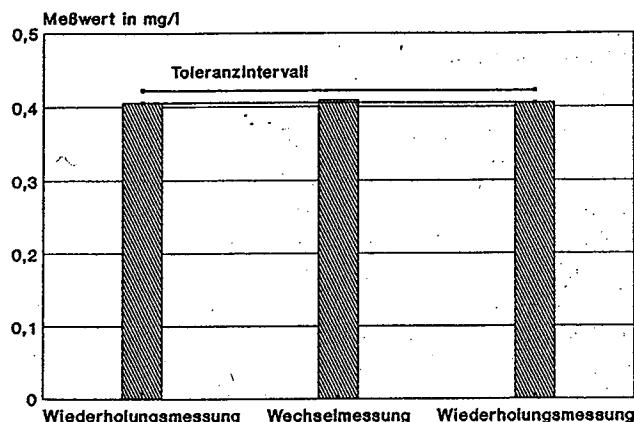


Abb. 23: Ergebnis der Hysteresismessung am Alcomat FA 113

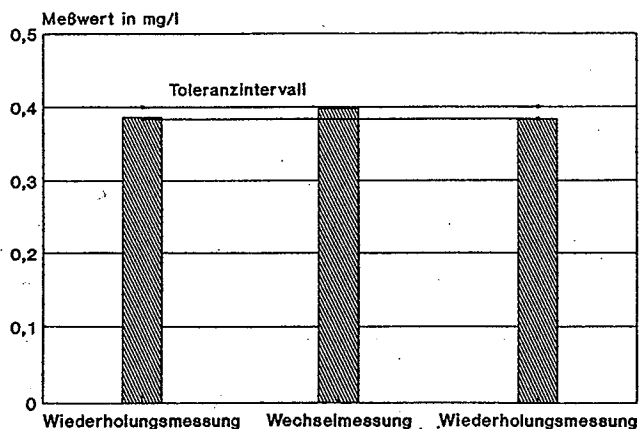


Abb. 24: Ergebnis der Hysteresismessung am Alcotest 7110

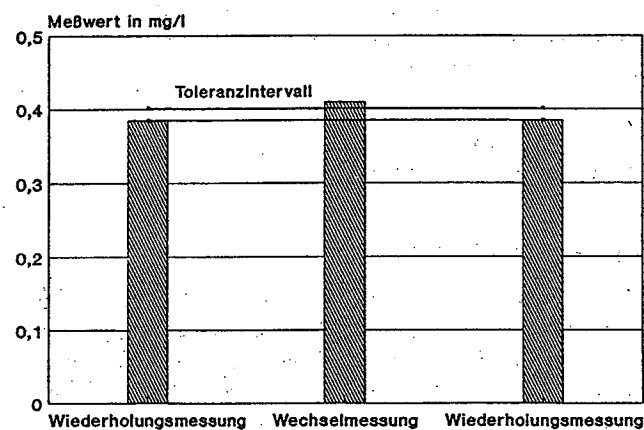


Abb. 25: Ergebnis der Hysteresismessung am Alcolmeter EBA

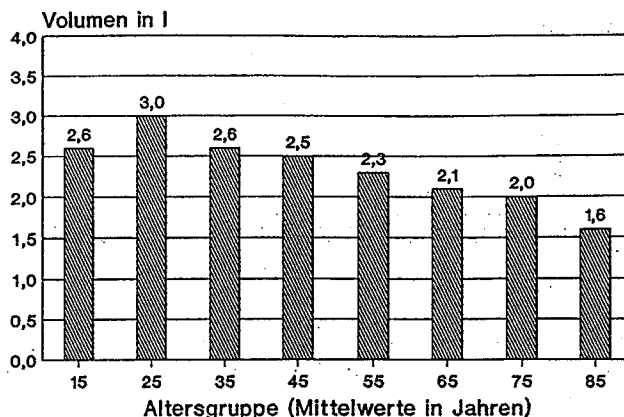


Abb. 26: Richtwerte für das geforderte Atemvolumen bei Männern

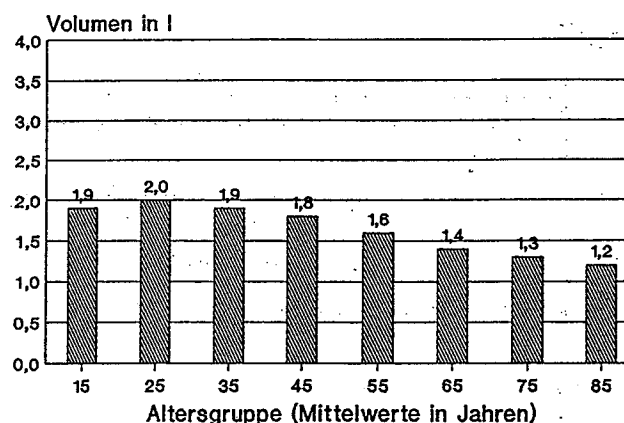


Abb. 27: Richtwerte für das geforderte Atemvolumen bei Frauen

### Anhang zu Kapitel 3.2

#### Richtwerte für das Atemvolumen

Zu einer Beurteilung des Atemvolumens, welches bei der Atemalkoholanalyse zu erwarten ist, sind in den Abb. 26 und 27 Richtwerte aufgezeichnet, die für Männer und Frauen der verschiedenen Altersgruppen gültig sind. Die Werte ergaben sich aufgrund einer epidemiologischen Feldstudie (SCHOKNECHT 1990a) an etwa 4000 Probanden. Ausgangspunkt waren dabei die Werte für das 95. Perzentil für Männer und Frauen der verschiedenen Altersgruppen. Die in den Abb. 26 und 27 aufgetragenen Werte entsprechen 50% des Wertes für das 95. Perzentil.

### Anhang zu Kapitel 3.3

#### Erläuterungen zur Atemtemperaturmessung

Zwischen der Ethanolkonzentration der Luft  $C_L$  in mg/l und der Ethanolkonzentration einer wäßrigen Lösung  $C_W$  in g/l besteht in Abhängigkeit von der Temperatur  $\tau$  in °C nach DUBOWSKI (1979, 1980) folgender Zusammenhang:

$$C_L = C_W 0,0415 \exp(0,0658 \tau)$$

daraus folgt für  $\tau = 34^\circ \text{C}$

$$C_L = 0,389 C_W$$

Die entsprechenden Untersuchungen am Atemtest-Simulator (SCHOKNECHT, KOPHAMEL, BARDUHN 1989) ergaben in guter Übereinstimmung mit DUBOWSKI (1979):

$$C_L = C_W 0,0384 \exp(0,0688 \tau)$$

und damit für  $\tau = 34^\circ\text{C}$

Daraus folgt für die bei einer Temperatur  $\tau$  gemessene AAK ( $\tau$ ) die umgerechnete AAK ( $34^\circ\text{C}$ ) nach der Gleichung:

$$\text{AAK}(34^\circ\text{C}) = \text{AAK}(\tau) \exp(0,0688)(34^\circ\text{C} - \tau)$$

Die Abb. 28 zeigt ein Beispiel des Temperaturverlaufs an der Meßsonde bei der Bestimmung der endexpiratorischen Atemtemperatur. Ausgehend von einer Vorwärmtemperatur der Sondenhalterung von  $37,2^\circ\text{C}$  tritt mit dem Beginn des Atemstoßes zunächst eine Abkühlung auf  $34^\circ\text{C}$  ein, danach erwärmt sich die Sonde mit dem Atemstoß wieder bis auf eine Endtemperatur von  $34,7^\circ\text{C}$ . Der Temperaturverlauf wurde mit der von SCHOKNECHT, KOPHAMEL, BARDUHN (1989) beschriebenen Einrichtung gemessen.

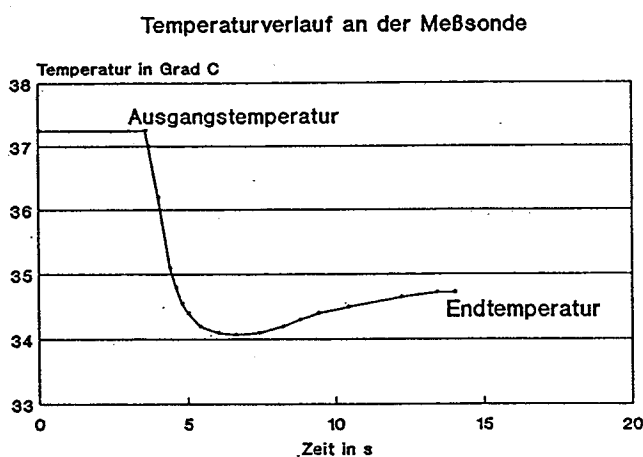


Abb. 28: Temperaturverlauf an einer vorgewärmten Sonde

## Anhang zu Kapitel 3.5

### Bestimmung der Meßpräzision bei Probandenmessungen

In Abb. 29 ist der zeitliche Verlauf der AAK dargestellt, der sich bei einem Laboratoriums-Trinkversuch ergeben hat. Es handelt sich dabei um Messungen bei einem männlichen Probanden im Alter von 32 Jahren. Die verabfolgte Alkoholmenge betrug 1 g Ethanol pro kg Körpergewicht. Aufgetragen sind die nach Anhang 3.3 auf eine Bezugstemperatur von  $34^\circ\text{C}$  umgerechneten AAK-Meßwerte in Abhängigkeit von der Zeit nach Trinkende. Die Alkoholaufnahme erfolgte in diesem Fall in Form eines Kurzzeittrinkens (14 min).

Aus den in Abb. 29 wiedergegebenen Meßwerten wurde für je zwei aufeinanderfolgende Wertepaare der Mittelwert bestimmt, wie es die Verfahrensvorschrift nach Abschnitt 3.4 fordert. Die sich dabei ergebenden Mittelwerte sind einem mittleren Zeitpunkt zugeordnet in Abb. 30 aufgetragen. Deutlich ist in dieser Abbildung die Anflutungsphase vor dem Maximum erkennbar und der auf das Maximum folgende Diffusionssturz. Nach Beendigung des Diffusionssturzes gehen die gemittelten Werte in die Abbaukurve über, deren Verlauf durch eine lineare Funktion zu beschreiben ist. Offensichtlich folgt die Abbaukurve des Ethanol in der Atemluft ebenso streng einer linearen Funktion, wie das für die BAK bereits von WIDMARK (1932) gefunden und von KOHLENBERG-MÜLLER, BITSCH (1990) bis herab zu sehr niedrigen Konzentrationen wieder bestätigt wurde. Erst bei sehr niedri-

gen Konzentrationen treten Abweichungen von der Linearität auf.

Der lineare Verlauf der AAK in der Abbauphase ermöglicht die Bestimmung der Abweichungen der AAK-Mittelwerte von dem theoretisch angenommenen Verlauf mit Hilfe einer linearen Regressionsanalyse. Aus der dabei gewonnenen Verteilung der Abweichungen läßt sich die Standardabweichung  $s_g$  zur Charakterisierung bestimmen. Diese Standardabweichung ist gleichzeitig ein Maß zur Beurteilung der Meßpräzision bei Probanden-Messungen.

In Abb. 30 sind die Mittelwerte, die zur linearen Regressionsanalyse verwendet wurden, durch einen Stern gekennzeichnet. Die Analyse ( $\text{AAK}(t) = a_0 + a_1 t$ ) ergab die Regressionskoeffizienten:

$$a_0 = 0,6166 \text{ mg/l}$$

$$a_1 = -0,0731 \text{ mg/l/h}$$

und die Standardabweichung

$$s_g = 0,0049 \text{ mg/l.}$$

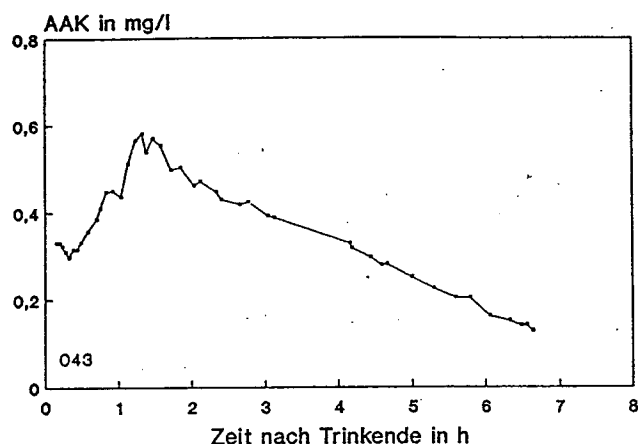


Abb. 29: Zeitlicher Verlauf der AAK-Meßwerte nach Trinkende

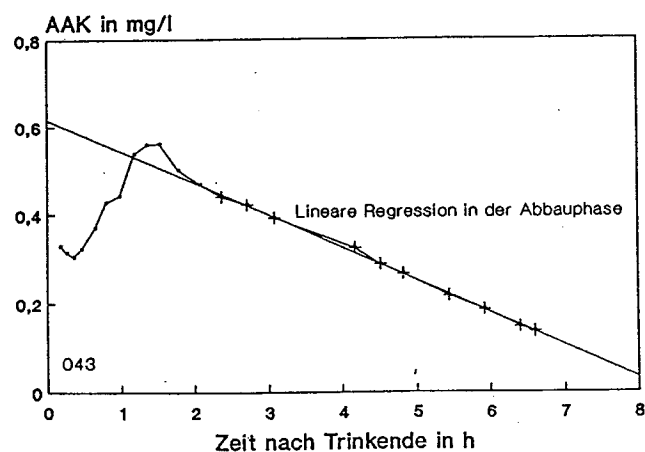


Abb. 30: Zeitlicher Verlauf der Mittelwerte aus zwei Meßwerten nach Trinkende mit eingezeichneter Regressionsgeraden für die Abbauphase

**Anhang zu Kapitel 3.6**

**Messung der AAK mit Systemen unterschiedlicher analytischer Spezifität**

Die in Abschnitt 3.6 geforderte Messung der AAK mit zwei Meßsystemen unterschiedlicher analytischer Spezifität ließ sich mit den in die Geräteprüfungen einbezogenen Alcomat FA 113 und Alcomat A 11 verwirklichen. Da diese beiden Infrarot-Meßgeräte die Absorption bei unterschiedlichen Wellenlängenbereichen (9,2 µm bzw. 3,4 µm) bestimmen, besitzen sie eine unterschiedliche analytische Spezifität gegenüber Fremdgasen, falls die Kalibrierung für Ethanol erfolgt ist.

In Tab. 12 ist das Ergebnis der Kalibrierungsmessungen mit dem Atemtest-Simulator für Ethanol und die Fremdstoffen Methanol, Isopropanol und Aceton bei 34° C zusammengestellt, wobei die Konzentrationen der Lösungen für die Simulator-Beschickung stets 1 g/l Wasser betragen. Außerdem sind in Tab. 12 noch die Meßwerte für ein Gemisch aus 1 g Ethanol/l und 0,25 g Methanol/l aufgenommen. Die Angaben in der Tabelle berücksichtigen den unterdrückten Nullpunkt beim Alcomat A 11.

Substanz	Konz. g/l	Messung 3,4 µm Anzeige in mg/l	Messung 9,2 µm Anzeige in mg/l
Ethanol	1,0	0,401 ± 0,005	0,399 ± 0,003
Methanol	1,0	0,334 ± 0,007	0,187 ± 0,004
Isopropanol	1,0	0,622 ± 0,008	0,281 ± 0,006
Aceton	1,0	0,457 ± 0,020	0,085 ± 0,005
Ethanol + Methanol	1,0 0,25	0,479 ± 0,009	0,443 ± 0,006

**Tab. 12:** Zusammenstellung der Meßwertanzeige mit Standardabweichungen für verschiedene Substanzen bei Messungen im 3 µm- und 9 µm-Bereich

Die Messungen an dem Ethanol-Methanol-Gemisch dienen der Prüfung der Frage nach der Additivität der Anzeigen beim Vorhandensein von Fremdstoffen. Dazu wurde der in Tab. 12 angegebene direkt gemessene Wert für das Gemisch mit den additiv aus den Meßwerten für Ethanol und Methanol berechneten Werten verglichen. Das Ergebnis des Vergleichs ergab die in Tab. 13 zusammengestellten Werte.

Meßgerät		direkte Messung mg/l	Addition mg/l
Alcomat A 11 (3,4 µm)		0,479 ± 0,009	0,484
Alcomat FA 113 (9,2 µm)		0,443 ± 0,005	0,445

**Tab. 13:** Vergleich direkt gemessener und durch Addition berechneter Werte für das Ethanol-Methanol-Gemisch

Der Vergleich ergibt eine Übereinstimmung zwischen direkt gemessenen und durch Addition berechneten Konzentrationen innerhalb der einfachen Standardabweichung. Es kann also zumindest bei niedrigen Konzentrationen der Fremdstoffe eine Additivität der Anzeigen angenommen werden.

Aus den Angaben der Tab. 12 läßt sich unter Annahme der Additivität der Anzeige ableiten, welche Konzentrationen von Fremdstoffen in Wasser und Blut bei einer Ethanolkonzentration von 0,4 g/l Luft zu einer Meßwertdifferenz der beiden Meßsysteme führen, die die in Abschnitt 3.4 angegebene

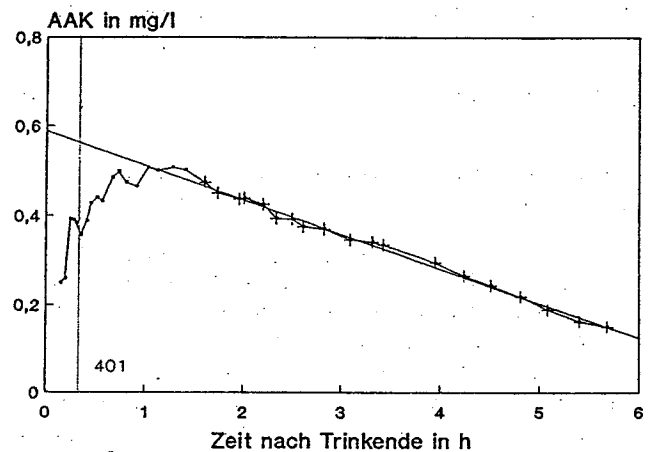
nen Grenzen übersteigt und damit zur Anzeige einer Fehlmessung führt. Die berechneten Werte sind in Tab. 14 zusammengestellt, wobei die Umrechnung der Werte für Wasser in Blut mit dem Faktor 1,20 erfolgte.

Substanz	Konzentration g/l Wasser	Konzentration g/l Blut
Methanol	0,272	0,227
Isopropanol	0,117	0,098
Aceton	0,107	0,089

**Tab. 14:** Konzentrationen verschiedener Fremdstoffen in Wasser und Blut, die bei einer Ethanolkonzentration von 0,4 mg/l zu einer Fehlanzeige führen

Die Meßpräzision bei einer AAK-Bestimmung mit zwei Meßsystemen unterschiedlicher analytischer Spezifität wurde in Laboratoriums-Trinkversuchen bestimmt. Als Beispiel ist in Abb. 31 der zeitliche Verlauf der AAK nach Trinkende wiedergegeben. Jeder aufgetragene Meßwert besteht aus dem Mittelwert einer Messung bei 3,4 µm und 9,2 µm. Auch hier ist entsprechend Anhang 3.5 für den linearen Teil der Abbaukurve eine Regressionsanalyse zur Ermittlung der Standardabweichung durchgeführt worden. Dabei ergab sich die Standardabweichung  $s_g = 0,0076$  mg/l.

Es ist damit gezeigt, daß sich ein Atemalkoholmeßgerät, bestehend aus zwei Systemen unterschiedlicher analytischer Spezifität, bei einer Doppelmessung ähnlich verhält wie ein Gerät mit einem Meßsystem bei einer Doppelmessung. Das gilt allerdings nur, falls ausschließlich Ethanol in der Atemluft vorhanden ist.



**Abb. 31:** Beispiel einer Bestimmung der Meßpräzision

**Anhang zu Kapitel 4.2**

**Probandenauswahl und Ergebnisse bei Laboratoriums-Trinkversuchen**

**Altersverteilung der Probanden**

In Tab. 15 ist das Geschlecht und Alter der an den Laboratoriums-Trinkversuchen beteiligten Probanden nach den verschiedenen Trinkschemata zusammengestellt.

## Männer

Alter Jahre	Langzeit-trinken	Langzeit- u. Schlußtrunk	Kurzzeit-trinken	Summe
15-19	0	0	2	2
20-24	9	3	9	21
25-29	7	5	10	22
30-34	1	1	9	11
35-39	0	0	3	3
40-44	0	0	2	2
45-49	0	0	2	2
50-54	0	0	0	0
Summe	17	9	37	63

## Frauen

Alter Jahre	Langzeit-trinken	Langzeit- u. Schlußtrunk	Kurzzeit-trinken	Summe
15-19	0	0	0	0
20-24	10	5	6	21
25-29	4	1	8	13
30-34	0	0	1	1
35-39	0	0	0	0
40-44	0	0	0	0
45-49	0	0	0	0
50-54	0	0	1	1
Summe	14	6	16	36

Tab. 15: Altersverteilung der an den Laboratoriums-Trinkversuchen beteiligten Probanden

### Ergebnisse von Laboratoriums-Trinkversuchen

In den Abb. 32 bis 34 sind die Ergebnisse von Laboratoriums-Trinkversuchen beispielhaft wiedergegeben. Von allen Trinkversuchen wurde eine Zusammenstellung der wichtigsten Daten und Ergebnisse angefertigt.

Diese Ergebnisblätter enthalten in der Kopfzeile neben der Kennziffer das Geschlecht und das Alter des Probanden. Es folgen Angaben der Größe, des Gewichtes, sowie das Ergebnis der Bestimmung der Vitalkapazität. Die Messung der Vitalkapazität erfolgte mit einem Spirometer (Pneumoscope, Hersteller Fa. R. Jaeger).

Die Bestimmung der zur Beurteilung der Leberfunktion wichtigen Blutwerte (Enzyme)

Glutamat-Oxalacetat-Transaminase (GOT)

Glutamat-Pyruvat-Transaminase (GPT)

Gamma-Glutamyl-Transferase (GGT)

und des im Zusammenhang mit übermäßigem Alkoholkonsum relevanten

mittleren Zellvolumens (MCV = Hämatokrit/Erythrozytenzahl)

erfolgte mit dem Eppendorf EPOS Analysator.

Für die Enzyme wurden folgende Referenzbereiche (Normalbereiche) verwendet

GOT Männer: 4 ... 19,0 U/l  
Frauen: 4 ... 15,0 U/l

GPT Männer: 4 ... 22,0 U/l  
Frauen: 4 ... 18,0 U/l

GGT Männer: 4 ... 35,0 U/l  
Frauen: 4 ... 25,0 U/l

und für das mittlere Zellvolumen galt als Referenzbereich

MCV Männer: 80 ... 94 fl

Frauen: 80 ... 98 fl

In der folgenden Zeile ist die verabfolgte Ethanolmenge, die Zeitdauer der Alkoholaufnahme (Trinkzeit) und das angewandte Trinkschema angegeben.

In den Tabellen der Abbildungen 32 bis 34, die den Vergleich der BAK- und der AAK-Werte wiedergeben, ist in der 2. Spalte die Zeit nach Trinkende in h angegeben. Spalte 3 gibt den BAK-Wert zusammen mit der einfachen Standardabweichung wieder, wobei sich der angegebene BAK-Mittelwert aus jeweils zwei Messungen nach dem ADH-Verfahren und der Gaschromatographie ergibt. Die in Spalte 4 mitgeteilten AAK-Werte ergeben sich aus zwei AAK-Messungen, die hier auf den Zeitpunkt der Blutabnahme interpoliert wurden. In Spalte 5 findet sich der mit dem Faktor 2,1 multiplizierte AAK-Wert zu Vergleichszwecken mit der BAK.

In der graphischen Darstellung ist der gemessene zeitliche Verlauf der BAK, der AAK und der mit dem Faktor 2,1 multiplizierten AAK aufgetragen. Außerdem ist ein 20%-Intervall oberhalb der BAK-Werte angedeutet (BAK x 1,20). Ferner ist in der graphischen Darstellung der maximale Wert der BAK und der mit dem Faktor 2,1 multiplizierten AAK eingetragen.

Im einzelnen sind Beispiele für die verschiedenen Trinkschemata wiedergegeben.

Geschlecht: w                      Alter: 22                      Kennung: 186

Größe: 170 cm

Blutwerte GOT: 6,7 U/l

Gewicht: 70 kg

GPT: 6,3 U/l

Vitalkapazität: 3,9 l

GGT: 6,7 U/l

MCV: 85 fl

Trinkmenge: 70 g Ethanol

Trinkschema: Langzeit

Trinkzeit: 120 min

Bemerkungen:

Vergleich von BAK und AAK:

Zeit nach Trinkende[h]	BAK go/oo	AAK mg/l	AAK x 2,1 mg/l	
1	0,40	0,967 ± 0,012	0,510	1,071
2	0,55	0,976 ± 0,021	0,529	1,111
3	0,72	1,034 ± 0,013	0,537	1,128
4	1,15	1,021 ± 0,017	0,511	1,073
5	1,33	0,981 ± 0,016	0,489	1,027
6	1,62	0,929 ± 0,008	0,475	0,998
7	2,85	0,669 ± 0,017	0,337	0,708

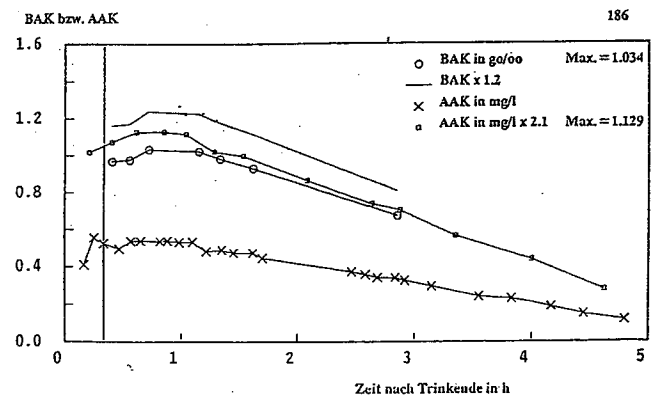


Abb. 32: Langzeittrinken



Trinkende die Wahrscheinlichkeit 60%, daß ein AAK-Wert in mg/l kleiner als ein BAK-Wert in go/oo multipliziert mit 1,05/2,1 (= 0,5) ist.

Durch geeignete Wahl eines Q-Wertes lassen sich aus der kumulativen Verteilung nach Abb. 36 beliebige Forderungen an die Wahrscheinlichkeit  $w$  (zwischen 0 und 100%) erfüllen, daß die AAK kleiner als die BAK multipliziert mit  $Q/2,1$  ist.

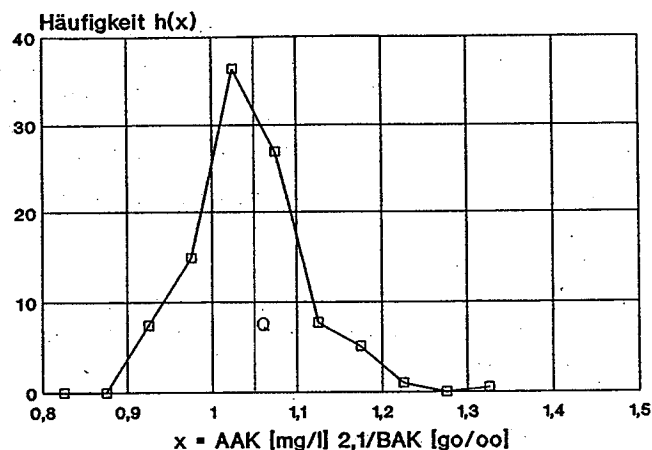


Abb. 35: Häufigkeitsverteilung  $h$  der AAK 2,1/BAK-Werte beim Langzeittrinken mit Schlußtrunk und einem beliebigen Q-Wert

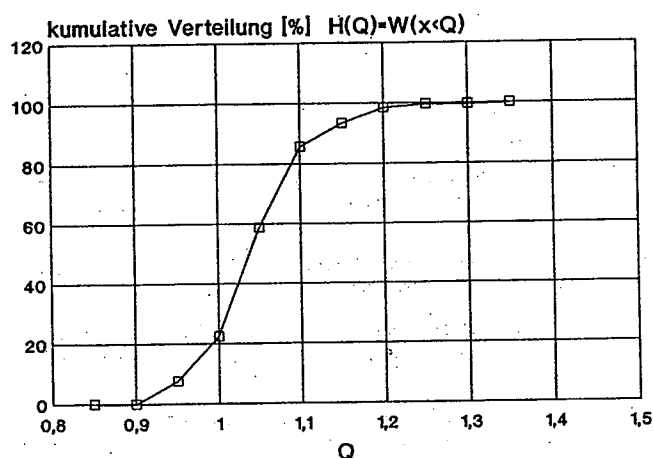


Abb. 36: Kumulative Verteilung  $H(Q) = w(x < Q)$  ermittelt aus der Häufigkeitsverteilung nach Abb. 35

## 6 Begriffsbestimmungen

### Alveolarluft

Alveolarluft ist der Anteil an der expirierten Atemluft, der aus den Lungenalveolen (Lungenbläschen) stammt, in denen der Gasaustausch zwischen Blut und Atemluft stattgefunden hat.

### Analytische Spezifität

Analytische Spezifität ist die Fähigkeit eines Untersuchungsverfahrens, bei einer Messung die gesuchte Substanz spezifisch zu erfassen (vgl. DIN 58 936 Teil 2, 2.1.2). Bei der Be-

schreibung der analytischen Spezifität ist der Einfluß anderer Substanzen auf das Meßergebnis zu berücksichtigen.

### Atemalkoholkonzentration (kurz AAK)

Die AAK ist die Ethanolkonzentration (Massenkonzentration) in einer endexpiratorischen Probe der Atemluft, gewonnen durch Ausatmung durch den Mund.

Die AAK wird angegeben in mg pro l Atemluft (mg/l). Sie ist auf eine Temperatur von 34° zu beziehen.

### Atemtest-Simulator

Eine Einrichtung, die zur Simulation des Expirationsvorganges eines Probanden geeignet ist, wobei vorgegebene Werte des Gases bezüglich der Alkoholkonzentration, der Temperatur und des Volumens bzw. des Flusses einstellbar sind. Der Atemtest-Simulator dient zur Funktionsprüfung und Kalibrierung von Atemalkoholmeßgeräten.

### Beweissicheres Atemalkoholmeßgerät

Meßgeräte zur Bestimmung der AAK aus der Alveolarluft innerhalb vorgegebener Fehlergrenzen. Zur beweisicheren Messung der AAK ist die Einhaltung bestimmter Verfahrensvorschriften notwendig.

### Blutalkoholkonzentration (kurz BAK)

Unter der BAK wird in dem Gutachten die Blutalkoholkonzentration verstanden, die entsprechend den Richtlinien für die Blutalkoholbestimmung für forensische Zwecke (Gutachten des BGA 1966; LUNDT 1977) sowie dem Gemeinsamen Erlaß über die Feststellung von Alkohol im Blut bei Straftaten und Ordnungswidrigkeiten (1977) gemessen wird. Es handelt sich dabei um die Untersuchung einer Blutprobe, die durch Venenpunktion in der Regel aus der Ellenbeugvene entnommen wurde. Die Bestimmung der BAK erfolgt dabei aus dem Serum, wobei das Ergebnis der Serumalkoholkonzentration mit Hilfe des Divisors 1,20 auf einen Vollblutwert umgerechnet wird. Der Divisor 1,20 stellt dabei eine obere Grenze des tatsächlichen Divisors dar, wobei der Wert 1,20 nach dem Grundsatz in dubio pro reo festgelegt wurde. Zur Sicherung der Qualität dient u.a. die erfolgreiche Teilnahme an den Ringversuchen der Deutschen Gesellschaft für klinische Chemie e.V.

Die BAK wird angegeben in der Einheit g o/oo (entsprechend g Ethanol pro l Vollblut).

### Drift

Die Drift eines Untersuchungsverfahrens ist das Ausmaß der zeitabhängigen systematischen Zu- oder Abnahme von Meßwerten, die am gleichen Probenmaterial ermittelt werden (s. DIN 59 936 Teil 2, 2.1.1.2.2).

### Grobe Fehler

Unter groben Fehlern sind Abweichungen zu verstehen, die nachweislich bei korrektem Arbeiten leicht zu vermeiden wären (vergl. DIN 58 936 Teil 1, 3.3).

### Fehlergrenzen unter Eichbedingungen

Fehlergrenzen für die Ersteichung unter Betriebsbedingungen. Hier dürfen die Einflußgrößen (z.B. Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck) in festgelegten Bereichen schwanken.



Die Einhaltung der Fehlergrenzen unter Eichbedingungen (Eichfehlergrenzen) bei jeder Einzelmessung ist entscheidend für die Zuverlässigkeit des Meßgerätes.

#### Fehlergrenzen unter Referenzbedingungen

Fehlergrenzen für die Bauartzulassung. Hier müssen die Einflußgrößen (z. B. Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck) festgelegte Werte haben.

#### Hysteresis

Die Hysteresis ist das Verhalten von Meßgeräten, das sich in einer Beeinflussung eines Meßwertes durch die Sequenz der vorausgegangenen Messungen äußert. Die Hysteresis ist der Verschleppung bei Laboratoriumsanalysen (s. DIN 58 936 Teil 2, 2.1.1.2.1) vergleichbar.

#### Präzision bzw. Meßpräzision

Präzision ist die qualitative oder quantitative Angabe zur Charakterisierung der zufälligen Abweichungen (vergl. DIN 58 936 Teil 2, 2.1.1.1). Zur Charakterisierung der Wiederholpräzision (vergl. DIN 58 936 Teil 2, 2.1.1.1.1) wird häufig die Standardabweichung bei Wiederholungsmessungen oder die Verteilungsfunktion der Einzelmessungen verwendet. Im Fall einer Normalverteilung ergibt sich aus der Standardabweichung unmittelbar der Vertrauensbereich für den Mittelwert. Liegen Angaben über die Verteilung der Meßwerte bei Wiederholungsmessungen nicht vor, so wird üblicherweise zumindest näherungsweise eine Normalverteilung angenommen und diese durch die Standardabweichung charakterisiert.

#### Prüfgas

Prüfgas ist ein Gas bekannter Zusammensetzung, das zur Prüfung von Atemalkoholmeßgeräten meist Druckgasflaschen entnommen wird.

#### Richtigkeit

Die Richtigkeit dient der Beschreibung der systematischen Abweichung bei Wiederholungsmessungen. Sie beschreibt quantitativ das Ausmaß der Annäherung des Mittelwertes an einen Bezugswert bzw. den richtigen oder wahren Wert (vergl. DIN 58 936 Teil 2, 2.1.1.2). Da der wahre Wert häufig unbekannt ist, wird als Bezugswert der Sollwert gewählt. Dieser kann z. B. im Rahmen von Ringversuchen durch Sollwertlaboratorien ermittelt werden oder durch Einwaagen von Probenmaterial vorgegeben sein.

#### Standardabweichung

Die Standardabweichung ist ein Streuungsmaß für die zufällige Abweichung eines einzelnen Meßwertes vom Erwartungswert (Mittelwert) der Meßgröße (s. DIN 1319 Teil 3, 2.).

Die Standardabweichung  $s$  ist bei einer Reihe aus  $n$  Meßwerten  $x_i$  ( $i = 1 \dots n$ ) mit dem Mittelwert  $x_m$  gegeben durch:

$$s = \pm \left( \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2 / (n - 1) \right)^{1/2}$$

Das Quadrat der Standardabweichung  $s$  ist die Varianz. Bezieht man die Standardabweichung  $s$  auf den Mittelwert  $x_m$ , so ergibt sich der Variationskoeffizient  $v$  ( $= s/x_m$  falls  $x_m$  ungleich 0) (s. DIN 1319 Teil 3, 5.2).

#### Systematische Abweichung

Die systematische Abweichung ist der Unterschied zwischen dem Mittelwert der Meßwerte und dem richtigen bzw. wahren Wert (vergl. DIN 58 936 Teil 1, 3.2).

#### Vitalkapazität

Das nach maximaler Expiration eingeatmete maximale Atemvolumen.

#### Wasseralkoholkonzentration (kurz WAK)

Unter der WAK wird im Gutachten die Konzentration wäßriger Ethanollösungen verstanden. Die WAK dient vorwiegend zur Beschreibung der Konzentration bei der Beschickung von Atemtestsimulatoren für Kalibrierungszwecke.

Die WAK wird in der Einheit g pro l Wasser (g/l) angegeben.

#### Zufällige Abweichungen

Die zufällige Abweichung ist der Unterschied zwischen dem durch die Analyse erhaltenen Meßwert und dem Mittelwert (vergl. DIN 58 936 Teil 1, 3.1).

#### Zuverlässigkeit (Reliabilität)

Die Zuverlässigkeit eines Untersuchungsverfahrens wird durch seine Fähigkeit gekennzeichnet, die Anforderungen an Präzision und Richtigkeit über eine längere Zeitspanne zu erfüllen. Die Beurteilung der Zuverlässigkeit kann entweder als Ergebnis der Erfahrung bei der Qualitätskontrolle abgeleitet oder durch spezielle Prüfungen ermittelt werden (vergl. Anm. zu DIN 58 936 Teil 2, 2.1).

## 7 Literatur

- ARBAB-ZADEH, A., P. BADURA, K. HOFFMANN, Z. MARCOL: Methodik und Genauigkeit von Atemalkoholbestimmungen. Atemalkohol 1, 49–65 (1985)
- Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen vom 26. Juni 1970, BGBl I, S. 982–991 (1970)
- BÄK: Richtlinien der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in medizinischen Laboratorien. Dt. Ärztebl. 85, A699–A712 (1988)
- BGA: Ergänzende Stellungnahme zu den Gutachten des BGA zur Frage Alkohol bei Verkehrsstraftaten. Kirschbaum Verlag, Bad Godesberg (1967)
- BGH, Beschluß vom 28. Juni 1990 – 4 St R 297/90. Kraftfahrer sind bei einem Blutalkoholgehalt von 1,1 Promille absolut fahruntüchtig (Fortbildung vom BGHSt 21, 157) (BGH 1990)
- BRACKEMEYER, U.: Neue Verfahren zum Nachweis von Rauschmitteln. Die Polizei 69, 140–142 (1978)
- BRACKEMEYER, U.: Atemalkohol-Testgeräte zur Blutalkohol-Bestimmung. Die Polizei 73, B/7-B/11 (1982)
- Deutsche Normen (DIN)
- DIN 1319: Grundbegriffe der Meßtechnik
- Teil 3: Begriffe für die Meßsicherheit und für die Beurteilung von Meßgeräten und Meßeinrichtungen (August 1983)
- DIN 58 936: Qualitätssicherung in der Laboratoriumsmedizin
- Teil 1: Grundbegriffe (April 1989)
- Teil 2: Begriffe zur Qualität und Anwendung von Klassifizierungs-, Zähl- und Meßsystemen (April 1989)
- DUBOWSKI, K.M.: Breath analysis as a technique in clinical chemistry. Clin. Chem. 20, 966–972 (1974)

- DUBOWSKI, K.M.: Studies in breath-alcohol analysis: biological factors. *Z. Rechtsmedizin* 76, 93–117 (1975)
- DUBOWSKI, K.M.: Breath-alcohol simulators: scientific basis and actual performance. *J. Analyt. Toxicology* 3, 177–182 (1979)
- DUBOWSKI, K.M.: Breath-alcohol testing: disposable breath tester, Part 1, Dec. 1980, Nat. Technical Information Service, Springfield, Virginia 22, 161 (1980)
- FLECK, K., G. SCHOKNECHT: Übersicht über die Regelungen zur Blut- und Atemalkoholanalyse im Ausland. *Bundesgesundheitsblatt* 33, 153–157 (1990)
- FOUS, R., M. WERMUTH, M. SPICHAL, G. GATTERBAUER: Resorption und Abbau von Atemalkohol. Studie des Kuratoriums für Verkehrssicherheit mit Unterstützung der AWWA und dem (österreich.) Bundesminister für Inneres (1989)
- FOX, G.R., J.S. HAYWARD: Effect of hypothermia on breath-alcohol analysis. *J. Forensic Sci.* 32, 320–325 (1987)
- FOX, G.R., J.S. HAYWARD: Effect of hyperthermia on breath-alcohol analysis. *J. Forensic Sci.* 34, 836–841 (1989)
- FRANKVOORT, W., J.A.G. MULDER, W. NEUTEBOOM: The laboratory testing of evidential breath-testing (EBT) machines. *Forensic Science International*, 35, 27–43 (1987)
- Gemeinsamer Erlaß der Bundesländer 1977 über die Feststellung von Alkohol im Blut bei Straftaten und Ordnungswidrigkeiten. 4. Teil D, S. 827–877 (1977)
- Gesetz über das Meß- und Eichwesen (Eichgesetz) vom 22. Februar 1985, BGBl I, S. 410–422 (1985)
- GRÜNER, O.: Der gerichtsmmedizinische Alkoholnachweis. Carl Heymanns Verlag KG, Köln, Berlin, Bonn, München (1967)
- GRÜNER, O.: Die Atemalkoholprobe: Grundlagen und Beweiswert. Carl Heymanns Verlag KG, Köln, Berlin, Bonn, München (1985)
- GRÜNER, O., N. BILZER: Untersuchungen zur Beeinflussbarkeit der Alcomat-Atemalkoholmessungen durch verschiedene Stoffe des täglichen Gebrauchs (Mundwässer, Parfüms, Rasierwässer etc.). *Blutalkohol* 27, 119–130 (1990)
- HARGER, R.N., B.B. RANEY, E.G. BRIDWELL, M.F. KITCHEL: The partition ratio of alcohol between air and water, urine and blood: estimation and identification of alcohol in these liquids from analysis of air equilibrated with them. *J. Biol. Chem.* 183, 197–213 (1950)
- HEIFER, U.: Atemalkoholkonzentration/Blutalkoholkonzentration: Utopie eines forensisch brauchbaren Beweismittels. *Blutalkohol* 23, 229–238 (1986)
- HEIN, P.M., R. VOCK: Alkoholtrinkversuche mit über 60 Jahre alten männlichen Personen. *Blutalkohol* 26, 98–105 (1989)
- IFFLAND, R., V. SCHMIDT, M. OEHMICHEN, U. SCHMIDTMANN, T. NORPOTH: Aceton- und Isopropanol-Konzentration im Blut, Abhängigkeit vom akuten und chronischen Alkoholkonsum (Alkoholismus). *Blutalkohol* 25, 80–96 (1988)
- JONES, A.W.: Quantitative measurements of the alcohol concentration and the temperature of breath during a prolonged exhalation. *Acta Physiol. Scand.* 114, 407–412 (1982a)
- JONES, A.W.: Effect of temperature and humidity of inhaled air on the concentration of ethanol in a men's exhaled breath. *Clinical Science* 63, 441 (1982b)
- JONES, A.W.: Determination of liquid/air partition for dilute solutions of ethanol in water, whole blood, and plasma. *J. Analyt. Toxicol.* 7, 193–197 (1983)
- KIRMAIER, N., W. MÜLLER: Medizinisch-physiologische Randparameter und Einsatzgrenzen der epidemiologischen Atemalkoholmessung. *Die Polizei* 74 B32–B38 (1983)
- KOHLBERG-MÜLLER, K., I. BITSCH: Neue Methoden zur pharmakokinetischen Beschreibung des Alkohol und seiner Metaboliten bei weiblichen und männlichen Versuchspersonen. *Blutalkohol* 27, 40–48 (1990)
- KOPHAMEL, B., G. SCHOKNECHT: Erkennung von Fremdgasen bei der Atemalkoholmessung. Tätigkeitsbericht 1989 des Bundesgesundheitsamtes 243–244, MMV Medizinverlag, München (1990)
- KRETSCHMER-BÄUMEL, E., S. KARSTEDT-HENKE: Orientierungs- und Verhaltensmuster der Kraftfahrer, Untersuchungen zu „Alkohol und Fahren“ Bd. 13, Bericht zum FP 7609/4 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach (1986)
- LEGGE, D.: The influence of breath temperature on assessments of blood alcohol level by breath analysis. *Quart. Journ. of Studies on Alcohol* 26, 371–377 (1965)
- LEHMANN, K., U. BRACKEMEYER: Anwendung der Atemalkoholanalyse in der polizeilichen Praxis. *Atemalkohol* 1, 36–48 (1985)
- LOOS, U., U. HEIFER: Über den zeitlichen Verlauf von Atem- und venöser Blutalkoholkonzentration und von Alkoholwirkungen. *Blutalkohol* 16, 321–339 (1979)
- LUNDT, P.V., E. JAHN: Gutachten des Bundesgesundheitsamtes „Alkohol bei Verkehrsstraftaten“, Hrsg. Bundesminister für Verkehr, Bonn-Bad Godesberg, Kirschbaum-Verlag, Bad Godesberg (BGA 1966)
- LUNDT, P.V.: Verwendung von Atemalkohol-Bestimmungs-Geräten für forensische Zwecke. *Bundesgesundheitsblatt* 16, 70–74 (1973)
- LUNDT, P.V. unter Mitarbeit von St. Berg, J. Gerchow, O. Grüner, U. Heifer: Zweites Gutachten des Bundesgesundheitsamtes „Alkohol und Straßenverkehr“, Hrsg. Bundesminister für Verkehr, Bonn-Bad Godesberg, E. Esdar KG, Bochum (BGA 1977)
- MARTIN, E., W. MOLL, P. SCHMID, L. DETTLI: The pharmacokinetics of alcohol in human breath, venous and arterial blood after oral ingestion. *Eur. J. Clin. Pharmacol.* 26, 619–626 (1984)
- MASON, M.F., K.M. DUBOWSKI: Breath-alcohol analysis: uses, methods and some forensic problems – review and opinion. *J. Forensic Sci.* 21, 9 (1976)
- NEUNINGER, H.: Zur Bewertung der Meßergebnisse von Atemalkohol-Bestimmungen. *Zeitschrift für Verkehrsrecht* 33, 321–326 (1988)
- Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML): General requirements for electronic measuring instruments, International Document No. 11, First Edition (1986)
- Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML): Second preliminary draft of an international recommendation relating to breath analysers (November 1988)
- Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML): Resolutions issues des réunions OIML sur les ethylomètres des 9 et 10 mai (1989)
- PAYNE, J.P., D.W. HILL, D.G.L. WOOD: Distribution of ethanol between plasma and erythrocytes in whole blood. *Nature* 217, 963–964 (1968)
- SACHS, L.: *Angewandte Statistik*. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokio, 6. Aufl. (1984)
- SCHNEBLE, H.: Zur Anerkennung von Atemtestgeräten. *Polizei, Verkehr und Technik (PVT)* 35, 178–180 (1990)
- SCHOKNECHT, G., W. THEFELD, H.-U. MELCHERT: Atemalkoholmessungen mit dem Infrarotverfahren. *Blutalkohol* 18, 440–456 (1981)
- SCHOKNECHT, G.: Prüfung von elektronischen Atemalkoholtestverfahren. Eine Stellungnahme des Bundesgesundheitsamtes. *SozEp Bericht* 8/1981, D. Reimer Verlag, Berlin (1981)
- SCHOKNECHT, G.: Grundfragen und Probleme der Erkennung und Bewertung der durch Alkoholgenuß verursachten Beeinträchtigung der Fahrtüchtigkeit. *Die Polizei* 74, B26–B31 (1983)
- SCHOKNECHT, G., B. KOPHAMEL: Das Temperaturproblem bei der Atemalkoholanalyse. *Blutalkohol* 25, 345–359 (1988)
- SCHOKNECHT, G.: Methodischer Ansatz zur Überprüfung von Meßgenauigkeit und Aussagekraft von Atemtests in: *Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr*. Hrsg. im Auftrag des BMW und der BAST Heft 68, 7–15 (1988)

- SCHOKNECHT, G., K. FLECK: Temperaturmessungen bei der Atemalkoholanalytik. Tätigkeitsbericht 1987 des Bundesgesundheitsamtes, 148–149, MMV Medizinverlag, München (1988)
- SCHOKNECHT, G., K. FLECK, B. KOPHAMEL: Die Zuverlässigkeit von Atemalkoholmeßgeräten. Blutalkohol 26, 71–86 (1989)
- SCHOKNECHT, G., B. KOPHAMEL, B. BARDUHN: Temperaturmessung bei der Atemalkoholanalyse. Blutalkohol 26, 137–149 (1989)
- SCHOKNECHT, G., K. FLECK, B. KOPHAMEL: Einfluß des Atemvolumens auf die Atemalkoholanalyse. Blutalkohol 27, 83–94 (1990a)
- SCHOKNECHT, G.: Volumenrichtwerte für die Atemalkoholanalyse nach Ergebnissen des Spandauer Gesundheitstestes. Tätigkeitsbericht 1989 des Bundesgesundheitsamtes 241–242, MMV Medizin Verlag, München (1990a)
- SCHOKNECHT, G.: Gutachten des Bundesgesundheitsamtes zum Sicherheitszuschlag auf die Blutalkoholbestimmung. NZV 3, 104–109 (1990b)
- SCHOKNECHT, G., K. FLECK, B. KOPHAMEL: Welche Anforderungen sind an eine beweissichere Atemalkoholanalyse zu stellen? Bundesgesundheitsblatt 33, 139–146 (1990b)
- SCHOKNECHT, G.: Praxiserprobung der Atemalkoholanalyse. Blutalkohol 27, 145–153 (1990)
- SCHOKNECHT, G., B. KOPHAMEL, K. FLECK: Vorschlag zur Realisierung einer beweissicheren Atemalkoholbestimmung. Blutalkohol 28, 210–223 (1991)
- SCHOKNECHT, G., B. KOPHAMEL: Kriterien zur Validierung beweissicherer Atemalkoholbestimmungen. Blutalkohol 28, 155–165 (1991)
- SLEMEYER, A.: Ein elektrisches Modell zur Simulation des Ausscheidungsverhaltens von Äthanol in der Lunge. Inaug.-Diss. (Techn. Hochschule) Karlsruhe (1980)
- SLEMEYER, A.: Entwicklungstendenzen in der Atemalkoholanalyse. Atemalkohol 1, 15–34 (1985)
- STAAK, M., G. BERGHAUS: Systematischer Vergleich der Verfahren zur Blut- und Atemalkoholbestimmung. Blutalkohol 23, 418–437 (1986)
- WALKER, J.E.C., R.E. WELLS: Heat and water exchange in the respiratory tract. American Journal of Medicine 30, 259–267 (1961)
- WELLS, A.E.: Breathalyzer tests with the equilibrators and the effect of room temperature. In Goldberg, L. (Hrsg.) Alcohol, Drugs and Traffic Safety (Vol. II S. 699), Proc. 8th Int. Conf. on Alcohol, Drugs and Traffic Safety; Stockholm 1980: Almqvist a. Wicksell Internat. (1981)
- WIDMARK, E.M.P.: Die theoretischen Grundlagen und die praktische Verwendbarkeit der gerichtlich-medizinischen Alkoholbestimmung. Urban und Schwarzenberg, Berlin, Wien (1932)
- WINEK, C.L., M. CARFAGNA: Comparison of plasma, serum and whole blood ethanol concentrations. J. Analyt. Toxicology 11, 267–268 (1968)
- WRIGHT, B.M.: The effect of mouth temperature on breath alcohol concentration. J. Physiol. (Lond.) 163, 21–22P (1962)
- WRIGHT, B.M.: A versatile expired air sampler. J. Physiol. (Lond.) 184, 66P (1966)
- WRIGHT, B.M.: Influence of breath temperature on blood alcohol determination by breath analysis. Quarterly Journal of Studies on Alcohol 27, 112–114 (1966b)
- ZURMÜHL, R.: Praktische Mathematik für Ingenieure und Physiker. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York (1965)