



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Untersuchung der Genauigkeit (= Richtigkeit und Präzision) ausgewählter Atemalkohol-Messgeräte (‘Alkotester’)

Report TUW CTA 2015/27DE

Wien, November 2015





Studienautor

Erwin Rosenberg

Weitere Beitragende

Florian Doubek
Vanessa Nürnberger
Sandra Patiño Neira

Übersetzung

Erwin Rosenberg

Layout

Martin Kolossa und Werner F. Sommer
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13, A-1040 Wien, Österreich

Coverfotos und Vignetten

Büro für Öffentlichkeitsarbeit und
Erwin Rosenberg
Technische Universität Wien

Gerätefotos

ACE Handels- und Entwicklungs GmbH und
Erwin Rosenberg

Imprint

Bericht TUW CTA 2015/27DE

Veröffentlicht von:
Technische Universität Wien
Institut für Chemische Technologien und Analytik
Getreidemarkt 9/164, A-1060 Wien, Österreich

Der Autor ist verantwortlich für den Inhalt dieses Berichtes.
© Technische Universität Wien, Institut für Chemische Technologien und Analytik, 2015
Alle Rechte vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

1	ANGABEN ZUR STUDIE	5
1.1	Auftraggeber	5
1.2	Studienleiter	5
1.3	Durchführende der Studie und Ort der Durchführung	5
1.4	Zeitraum der Studiendurchführung	5
2	EINLEITUNG	7
2.1	Zielsetzung der Studie	7
2.2	Einleitung	7
	Alkohol und Straßenverkehr	7
	Blutalkohol und Atemalkohol	7
	Evidentialmessungen	8
	Die Blutalkohol-Messung	9
	Die Atemalkohol-Messung	9
	Die gesetzliche Situation	10
3	STUDIENDESIGN	13
3.1	Design der Genauigkeitsstudie	13
	Statistische Datenauswertung	13
3.2	Durchführung der Studie	14
	Erzeugung der Prüfgasatmosphäre	15



4	ERGEBNISSE DER STUDIE	17
4.1	Darstellung der Ergebnisse	17
4.2	ACE Neo	18
4.3	ACE II Basic	20
4.4	ACE III Basic	22
4.5	ACE III Premium	24
4.6	ACE AF-33	26
4.7	ACE AL5500	28
4.8	ACE Pro Med Basic	30
4.9	ACE one	32
4.10	Dräger Alcotest 3000	34
4.11	ACE Public V	36
4.12	Stationäres ACE Atemalkohol-Messgerät	38
5	ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNG	41
6	REFERENZEN	45

1 Angaben zur Studie



1.1 AUFTRAGGEBER

Klaus Forsthofer, MBA, Geschäftsführer

ACE Handels- und Entwicklungs GmbH
theprotectioncompany

Staufenstrasse 1 / Hallen 12 – 14
83395 Freilassing, Deutschland

E-Mail: klaus.forsthofer@ace-technik.de

1.2 STUDIENLEITER

Prof. Dr. Erwin Rosenberg
Leiter des Labors für Organische Spurenanalytik

Technische Universität Wien
Institut für Chemische Technologien und Analytik

Getreidemarkt 9/64 AC
A-1060 Wien, Österreich

Tel.: +43-1-58801/165190

E-Mail: Erwin.Rosenberg@tuwien.ac.at

1.3 DURCHFÜHRENDE DER STUDIE UND ORT DER DURCHFÜHRUNG

Florian Doubek
Sandra Patiño Neira
Vanessa Nürnberger

Labor für Organische Spurenanalytik
Technische Universität Wien
Institut für Chemische Technologien und Analytik

Getreidemarkt 9/64 AC
A-1060 Wien, Österreich

1.4 ZEITRAUM DER STUDIENDURCHFÜHRUNG

Die experimentelle Arbeit dieser Studie wurde im Zeitraum 1. Februar – 15 Mai 2015 durchgeführt.



2 Einleitung



2.1 ZIELSETZUNG DER STUDIE

Um die Zuverlässigkeit kleiner, tragbarer Geräte für die Bestimmung der Atemalkohol-Konzentration durch den privaten Anwender zu testen, wurde von der Firma 'ACE Handels- und Entwicklungs GmbH - *the protectioncompany*', einem großen, in Freilassing (Deutschland) ansässigen Distributor für Atemalkohol-Messgeräte ('Alkotester') eine umfassende Studie in Auftrag gegeben, um die Richtigkeit und Präzision der Messungen unter kontrollierten Laborbedingungen zu bestimmen.

Der vorliegende Bericht beschreibt im Detail das Design der Studie, ihre Durchführung und fasst deren wichtigste Ergebnisse zusammen.

2.2 EINLEITUNG

Alkohol und Straßenverkehr

Der Genuss von Alkohol hat in vielen Kulturen eine lange Tradition, die oft mit besonderen Feierlichkeiten, Bräuchen oder wichtigen Ereignissen verknüpft ist. Vor allem in angenehmer Gesellschaft, aber ebenso auch alleine, werden alkoholische Getränke von vielen Menschen genossen. In Maßen konsumiert, herrschen die stimulierenden und positiven Effekte des Alkoholkonsums vor. Dennoch können selbst kleine Mengen von Alkohol schon die Wahrnehmung und die Reaktionsfähigkeit einschränken, und damit die Fähigkeit, ein Fahrzeug sicher zu lenken. Aus diesem Grund hat der Gesetzgeber Grenzwerte erlassen, bei deren Überschreitung das Lenken eines Fahrzeugs als nicht mehr sicher angesehen wird. Wenn von der Polizei ein Lenker am Steuer eines Fahrzeugs angetroffen wird, der einen höheren Blutalkoholspiegel aufweist als gesetzlich erlaubt, so können daraus schwerwiegende rechtliche Konsequenzen entstehen.

Vor diesem Hintergrund wird die Notwendigkeit für präzise Messmethoden und Messgeräte für die Polizei ersichtlich. Ebenso haben aber auch private Anwender ein großes Interesse an Geräten, die es ihnen erlauben, in richtiger, präziser, robuster und einfacher Weise und zu einem vergleichsweise niedrigen Preis ihre Atemalkohol-Konzentration als Schätzwert für die Blutalkohol-Konzentration selbst zu messen.

Blutalkohol und Atemalkohol

Wenn man Alkohol zu sich nimmt, wird dieser zunächst im venösen Teil des Blutkreislaufs aufgenommen. Mit diesem venösen Blut gelangt der Alkohol zum Herzen und zur Lunge um dort, gereinigt und mit Sauerstoff angereichert, wieder als arterielles Blut durch den Körper gepumpt zu werden. In den Lungenbläschen kommt es zu einer Gleichgewichtseinstellung zwischen dem im Blut befindlichen Alkohol und der ausgeatmeten Luft. Der Alkohol, der sich im peripheren Blut befindet, wird von der eingeatmeten Luft aufgenommen und mit der ausgeatmeten Luft ausgestoßen. Obwohl die Alkohol-Konzentration in der ausgeatmeten Luft von der venösen Alkohol-Konzentration



abhängt, ist dieser Zusammenhang kein strenger. Vielmehr hängt das Verhältnis der beiden Konzentrationen von der Zeit zwischen Alkoholkonsum und Messung ab, aber auch von dem physiologischen Zustand der Person (wie etwa Körpergröße, Gewicht, Geschlecht und Alter). Es ist daher prinzipiell nicht möglich, die gemessene Atemalkohol-Konzentration genau in eine entsprechende Blutalkohol-Konzentration umzurechnen. Dennoch kann man für einen Zeitraum von rund 2 bis 5 Stunden nach dem letzten Alkoholkonsum in sehr guter Näherung annehmen, dass das Verhältnis von Blutalkohol-Konzentration zu Atemalkohol-Konzentration rund 1:2100 ist. Das bedeutet, dass 2100 Volums-Teile der ausgeatmeten Luft dieselbe Alkoholmenge enthalten wie ein Volumen Blut. So ist z.B. dieselbe Menge an Alkohol, die in 10 mL venösem Blut enthalten ist, in 21 L ausgeatmete Luft enthalten. In der Zeitspanne von bis zu zwei Stunden nach dem Genuss von Alkohol ist dieses Verhältnis allerdings meist geringer, was bedeutet dass in diesem Zeitraum die Atemalkohol-Konzentration größer ist als die entsprechende Blutalkohol-Konzentration.

Um die Möglichkeit der Verfälschung einer Messung durch Mundrestalkohol auszuschließen (das ist Alkohol, der in der Mund-Rachen-Raum verblieben ist – z.B. in Zahnfleischtaschen –, während die Atemprobe abgegeben wird), darf eine gültige Atemalkohol-Messung erst 20 Minuten nach dem letzten Alkoholkonsum durchgeführt werden, da ansonsten erhöhte Atemalkohol-Werte gemessen werden können. Im Fall einer forensischen Messung ist eine Beobachtungszeit von zumindest zehn Minuten vor der ersten Messung einzuhalten, und es sind die Ergebnisse von zwei unabhängigen Messungen zu berücksichtigen, die mit einem zeitlichen Abstand von zwei bis fünf Minuten genommen wurden. Dies soll ausschließen, dass die Ergebnisse von Mundrestalkohol beeinflusst werden.

Wenn die Atemalkohol-Konzentration ermittelt wird, wird zwischen einem Vortest und einer Evidentialmessung, die auch gerichtsverwertbar ist, unterschieden. Ein Vortest erlaubt es dem Polizeibeamten direkt auf der Straße, auf objektiver Basis zu entscheiden, ob eine gerichtsverwertbare Atemalkohol-Evidentialmessung durchgeführt werden soll, oder ob eine Blutprobe genommen werden soll [1].

Evidentialmessungen

Nach einem positiven Vortest muss eine eine weitere Alkoholbestimmung durchgeführt werden, deren Ergebnisse gerichtsverwertbar sind. Eine solche nennt man eine Evidentialmessung. Obwohl die Blutalkohol- und die Atemalkohol-Konzentrationen stark miteinander korrelieren, ist es dennoch nicht möglich, den einen Wert in den anderen umzurechnen. Aus diesem Grund hat die deutsche Gesetzgebung zwei unabhängige Grenzwerte in Artikel 24a des Deutschen Straßenverkehrsgesetzes (StVG) erlassen: Die Atemalkohol-Konzentration ist eine Gasphasenkonzentration und wird angegeben als Milligramm Alkohol (Ethanol) pro Liter ausgeatmeter Luft (mg/L). Im Gegensatz dazu ist die Blutalkohol-Konzentration eine Konzentration in der Flüssigphase und wird in Promille, d.i. ein Zehntel Prozent (‰) angegeben. Sie entspricht der Masse von Ethanol in Gramm pro Liter Blut. Im deutschen Straßenverkehrsgesetz wird der Grenzwert für die Blutalkohol-Konzentration mit 0,5 Promille (‰) angegeben; der entsprechende unabhängig festgelegte Grenzwert für die Atemalkohol-Konzentration ist 0,25 Milligramm pro Liter Atemluft (mg/L). Die gesetzlichen Grenzwerte für die Atemalkohol- und Blutalkohol-Konzentration stehen damit im Verhältnis 2000:1, was gegenüber dem physiologisch abgeleiteten Konzentrationsverhältnis von 2100:1 für die Autofahrer eine ein wenig höhere Toleranz darstellt und damit auch die geringfügig höhere Unsicherheit dieses Verhältnisses kompensiert.



Die Blutalkohol-Messung

Eine Blutalkohol-Messung ist die genaueste Möglichkeit, die Blutalkohol-Konzentration (BAK) einer Person festzustellen. Da Alkohol sehr schnell in den Blutkreislauf übergeht, kann eine Blutalkohol-Messung bereits Minuten nach dem Konsum eines alkoholischen Getränks durchgeführt werden. Als Nachteil steht dem gegenüber, dass diese Art von Messung teurer, aufwendiger und invasiv ist und nicht vor Ort durchgeführt werden kann.

Die Messung der Blutalkohol-Konzentration erfordert, dass der betroffenen Person ein kleines Volumen venösen Blut abgenommen wird. Dies stellt einen medizinischen Eingriff dar, der die Anwesenheit eines Arztes erfordert. Die Analyse wird dann im analytischen Labor vorgenommen mit Hilfe der Dampfraum-Gaschromatographie (HS-GC, nach der englischen Bezeichnung *Headspace Gas Chromatography*). Mit dieser instrumentellen Bestimmungstechnik wird der Alkohol in der jeweiligen Probe von Matrixbestandteilen getrennt, nachgewiesen und sein Gehalt quantitativ bestimmt [2].

Auch heute noch wird die Blutalkohol-Messung mittels HS-GC in einem forensischen Labor als Evidentialbestimmungstechnik angesehen die gerichtsverwertbare Ergebnisse liefert.

Die Atemalkohol-Messung

Frühere Atemalkohol-Messverfahren beruhten auf einer chemischen Reaktion (von Alkohol mit Kaliumdichromat unter der Katalyse von Silberionen), die zu einem Farbumschlag des orange-gelben Reagens unter Ausbildung einer grünen Zone führten, deren Ausdehnung ein Maß für die Atemalkohol-Konzentration war (in Gebrauch bis etwa 1995). Die beschränkte Genauigkeit dieser Messmethode limitierte verständlicherweise ihren Einsatz als schnelle und einfache Vortest-Methode [3].

Unterdessen sind diese Messröhrchen in ihrer Verwendung als Vortest-Messverfahren abgelöst worden von elektrochemischen Messgeräten (sogenannten ‚Alkotestern‘) die entweder auf dem Halbleiter-Messprinzip oder auf dem Prinzip der Brennstoffzelle beruhen [4]:

In den Halbleiter-basierenden Systemen, (die manchmal auch „Taguchi“-Zellen genannt werden), wird ein Halbleiter-Sensor auf der Basis eines Metalloxides verwendet. Die Taguchi-Zelle beruht auf der Adsorption der Alkoholmoleküle aus der Gasphase an der Oberfläche eines Halbleiters.

Diese Messgeräte werden hauptsächlich für den Privatkundenmarkt produziert und nicht zur Kontrolle der Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte. Keines der Geräte mit dieser Art von Sensor besitzt eine Polizeizulassung, und die hiermit gemessenen Daten sind auch nicht gerichtsverwertbar. Dennoch erfreuen sich diese Geräte aufgrund ihrer geringen Größe und der vergleichsweise niedrigen Preises einer großen Beliebtheit in der Nutzung durch Privatpersonen.

Das zweite, heutzutage stark verbreitete Messprinzip für elektrochemische Messungen ist das einer Brennstoffzelle. Während eines Messzyklusses wird hierzu ein genau definiertes Luftvolumen zum elektrochemischen Sensor gefördert. Der Sensor bestimmt mit großer Selektivität den Alkohol (Ethanol) in der Luftprobe. Der Sensor besteht aus einer Mess- und einer Gegenelektrode, die von einem Diaphragma getrennt sind, welches mit dem Elektrolyten



getränkt ist. Der Elektrolyt wie auch das Elektrodenmaterial wurden so ausgewählt, dass sie den Alkohol in der katalytisch wirksamen Schicht der Messelektrode oxidieren können. Diese sehr selektive Reaktion an der Elektrode erzeugt einen Strom, der von der Elektronik des Sensors registriert wird. Die Auswertung des Sensorsignals erlaubt die genaue Ermittlung der Menge an Alkohol in der Probenkammer. Das Messprinzip dieses elektrochemischen Sensors bringt eine hohe Langzeit-Stabilität mit sich. Darüber hinaus reagiert der Sensor spezifisch nur auf Alkohol. So beeinträchtigt etwas die Anwesenheit von Aceton in der Atemluft – was bei Personen mit Diabetes oder während Fastenperioden beobachtet wird – das Messergebnis nicht, da diese Substanz nicht an der Elektrode reagiert. Dies verhindert wirksam falsch-positive Ergebnisse.

Trotz der nachweislichen Zuverlässigkeit der Alkotest-Geräte auf Basis der Brennstoffzellen-Technologie wurden diese als alleiniges Messverfahren auch im Fall von Ordnungswidrigkeitsverfahren noch nicht als Ersatz für die aufwendige und teure Messung der Blutalkohol-Konzentration akzeptiert. Da die Akzeptanz dieser Messgeräte voraussetzt, dass die Atemalkohol-Messung eine vergleichbare Richtigkeit und Präzision hat wie die Blutalkohol-Messung, setzt dies die Verwendung zweier unabhängiger Messprinzipien voraus (der Infrarot-Absorption und der Messung mittels Brennstoff-Zelle), die auf zwei unabhängig genommene Atemproben angewendet werden und die dabei übereinstimmende Ergebnisse liefern. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt existiert nur ein Gerät auf dem deutschen Markt, welches die Bauartzulassung für diese Aufgabe durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt besitzt: das Dräger Alcotest 7110 Evidential.

Die gesetzliche Situation

In den Augen des Gesetzgebers dient die Blutalkohol-Konzentration dazu, die Aufnahme von Alkohol zu definieren, aber auch den Grad der Beeinträchtigung festzulegen. Obgleich der Grad der Beeinträchtigung stark zwischen verschiedenen Personen mit der gleichen Blutalkohol-Konzentration schwanken kann, kann letztere objektiv gemessen werden und ist daher aus Sicht des Gesetzgebers nützlich und schwer vor Gericht zu widerlegen. In den meisten Ländern ist das Führen von Motorfahrzeugen und motorisierten Geräten nicht erlaubt, wenn die Blutalkohol-Konzentration den entsprechenden Grenzwert überschreitet. Auch das Lenken von Booten und Flugzeugen ist geregelt.

Die Alkoholkonzentration, ab der eine Person nicht mehr ein motorisiertes Fahrzeug führen darf, ist von Land zu Land verschieden. Die untenstehende Liste führt die Grenzwerte geordnet nach Staat an. In Deutschland, Österreich und der Schweiz – wie auch in vielen anderen europäischen Ländern – darf man kein mehr Fahrzeug lenken, wenn die **Blutalkohol-Konzentration (BAK)** größer oder gleich 0,05% (0,5‰) ist, und man gilt vor dem Gesetz als fahruntüchtig und darf kein Fahrzeug mehr führen, wenn die Blutalkohol-Konzentration größer oder gleich 0,08% (0,8‰) ist. Die drei gebräuchlichen Methoden zur Blutalkohol-Bestimmung sind die Bestimmung über die Atemluft, aus dem Blut, oder aus dem Urin.

Die folgende **Tabelle 1** gibt einen Überblick über die gesetzlichen Grenzwerte in Europa.



Tabelle 1: Überblick über die gesetzlichen Grenzwerte (in ‰) der Blutalkohol-Konzentration (BAK) zum Führen eines Autos in verschiedenen europäischen Ländern.

Land	Allgemein	Berufsfahrer	Führerscheinneulinge
Belgien	0.5	0.2	0.5
Bulgarien	0.5	0.5	0.5
Dänemark	0.5	0.5	0.5
Deutschland	0.5	0.0	0.0
Estland	0.2	0.2	0.2
Finnland	0.5	0.5	0.5
Frankreich	0.5	0.5 (0.2 Busfahrer)	0.2 (seit Juli 2015)
Griechenland	0.5	0.2	0.2
Irland	0.5	0.2	0.2
Italien	0.5	0.0	0.0
Kroatien	0.5	0.0	0.0
Lettland	0.5	0.5	0.2
Litauen	0.4	0.0	0.0 (seit Januar 2015)
Luxemburg	0.5	0.2	0.2
Malta	0.8	0.8	0.8
Niederlande	0.5	0.5	0.2
Österreich	0.5	0.1	0.1
Polen	0.2	0.2	0.2
Portugal	0.5	0.2	0.2
Rumänien	0.0	0.0	0.0
Schweden	0.2	0.2	0.2
Schweiz	0.5	0.0	0.0
Slowakei	0.0	0.0	0.0
Slowenien	0.5	0.0	0.0
Spanien	0.5	0.3	0.3
Tschechische Republik	0.0	0.0	0.0
Ungarn	0.0	0.0	0.0
Vereinigtes Königreich [i]	0.8	0.8	0.8
Zypern	0.2	0.2	0.2

[i] Schottland 0.5‰ seit Dezember 2014 für alle Gruppen von Fahrern. Der Rest des Vereinigten Königreichs (England, Wales und Nordirland) bleibt unverändert.

Stand: Juli 2015

Datenquelle: European Transport Safety Council (ETSC), <http://etsc.eu/blood-alcohol-content-bac-drink-driving-limits-across-europe/>



BAK-Bestimmung über Atemluftmessungen

Die Messung der Atemluftkonzentration ist die häufigste Methode zur Überprüfung der Einhaltung der Gesetze um die Blutalkohol-Konzentration abzuschätzen, da die Atemalkohol-Messgeräte (umgangssprachlich oft „Alkotester“ genannt) leicht und tragbar sind und sofort Ergebnisse liefern. Atemalkohol-Analysatoren messen die Alkohol-Konzentration in der ausgeatmeten Luft, die sich in den Lungenbläschen mit Alkohol anreichert, der mit dem Blutkreislauf in die Lungen transportiert wird. Die Ergebnisse eines Alkotesters – insbesondere wenn es sich um ein Messgerät nach dem Brennstoffzellen-Prinzip handelt – werden als ausreichend genau angesehen, um in einem Vortest bei Überschreitung des gesetzlich erlaubten Grenzwertes einen Verdacht auf Fahruntüchtigkeit zu begründen, der dann durch eine Evidentialmessung erhärtet werden muss.

Alkotester nehmen in ihren Messungen keine Rücksicht auf die Unterschiede zwischen einzelnen Personen, da sie stets einen konstanten Umrechnungsfaktor zwischen der Blutalkohol- und der Atemalkohol-Konzentration annehmen, was eine gewisse (wenn auch meist zweckmäßige) Verallgemeinerung und Vereinfachung darstellt. Eine derartige „Mittelung“ kann naturgemäß zu einer ungenauen Abschätzung der Blutalkohol-Konzentration durch die Atemalkohol-Konzentration führen. Eine Reihe von Faktoren, die insbesondere mit dem Geschlecht, dem Alter, Größe und Gewicht der untersuchten Person, ebenso auch wie mit ihrem körperlichen und gesundheitlichen Zustand, oder auch den Ernährungsgewohnheiten zusammenhängen, können die Aussagekraft der Atemalkohol-Messungen beeinträchtigen. Obwohl Atemalkohol-Messungen mit großer Richtigkeit und Präzision durchgeführt werden können, sind sie daher nur als (sehr gute) Näherung der tatsächlichen Blutalkohol-Konzentration anzusehen, wie zuvor ausgeführt wurde.

Kommerziell verfügbare Alkotester bieten jedoch eine bequeme und leistbare Möglichkeit, um seine Blutalkohol-Konzentration selbst zu messen und verantwortungsvolle Entscheidungen bezüglich Alkoholkonsum und Fahren zu treffen.

BAK-Bestimmung über Blutmessungen

Um in Fall eines zum Beispiel durch einen positiven Vortest begründeten Verdachts eine Blutprobe zu ziehen, ist das Einverständnis der betroffenen Person erforderlich. Die Weigerung, sich eine Blutprobe abnehmen zu lassen, wird in den meisten Fällen als Schuldeingeständnis gewertet und kann weitreichende strafrechtliche Konsequenzen haben wie etwa einen Führerscheinentzug.

BAK-Bestimmung über Urinmessungen

Die Alkoholmessung aus dem Urin ist weniger genau als Messungen aus dem Blut oder aus der Atemluft. Sie wird daher nur eingesetzt, wenn die beiden anderen Methoden nicht möglich sind. Auch Urinmessungen werden als invasiv eingestuft, vergleichbar mit Blutproben. Studien haben gezeigt, dass die Ergebnisse von Alkoholmessungen im Urin deutlich abweichen können von der tatsächlichen Blutalkohol-Konzentration. Und da Urintests normalerweise nicht zum Zeitpunkt und am Ort der Kontrolle durchgeführt werden können, können die Ergebnisse der Urinprobe auch durch den zeitlichen Abstand, in der diese Probe genommen wurde, beeinflusst werden. Darüber hinaus kann es bis zu zwei Stunden dauern, bis der Alkohol im Urin nachweisbar ist, wo er dann 6 bis 24 Stunden verbleibt. Demzufolge vermag ein positiver Urintest nicht schlüssig zu beweisen, dass die Person zum Zeitpunkt der Anhaltung alkoholisiert war. Im Gegensatz zu anderen Testmethoden kann außerdem der Urintest durch Verdünnung oder Austausch verfälscht werden. Um dies zu überprüfen können bisweilen Temperaturmessungen durchgeführt werden. Trotzdem bleiben Verfälschungen einer Urinprobe schwer nachzuweisen. Wie auch die Blutalkohol-Messung unterliegt auch die Urin-Alkoholmessung denselben möglichen Fehlerquellen im Labor.

3 Studiendesign



3.1 DESIGN DER GENAUIGKEITSSTUDIE

Das Design der Studie lehnt sich an die europäische Norm DIN EN 16280 (in der Fassung von Dezember 2012) über "Atemalkoholtestgeräte für den allgemeinen Gebrauch - Anforderungen und Prüfungen; Deutsche Fassung EN 16280:2012" an [5]. Diese Norm definiert die Bedingungen, unter denen Atemalkoholtestgeräte geprüft werden können, und legt auch fest, was die spezifischen Anforderungen für diese Prüfung sind.

Es wurde mit dem Auftraggeber vereinbart, dass die Atemalkoholtestgeräte bei denjenigen Atemalkohol-Konzentrationen gemessen werden, die folgenden fünf Blutalkohol-Konzentrationen (BAK) entsprechen:

- 0.00 ‰ BAK
- 0.10 ‰ BAK
- 0.25 ‰ BAK
- 0.40 ‰ BAK
- 0.60 ‰ BAK

Diese Standards umspannen den relevanten Konzentrationsbereich für die Blutalkohol-Messungen und damit natürlich auch für die Atemalkohol-Messungen. Der Grund, warum die als Atemalkohol-Konzentrationen (in mg/L) gemessenen Werte als Blutalkohol-Konzentrationen (in ‰) angegeben werden liegt darin, dass alle getesteten Messgeräte seitens des Herstellers bzw. Lieferanten auf die Angabe der Alkoholkonzentration als Blutalkohol-Konzentration (BAK) in den Berichtseinheiten 0,1% (‰, Promille) eingestellt wurden. Dies schließt Verwechslungen oder Fehlinterpretationen beim Anwender aus.

Für jedes Instrument wurden 10 unabhängige Messungen auf jedem der festgelegten Konzentrationslevel durchgeführt. Diese Messungen wurden in Hinblick auf ihre Richtigkeit und Präzision statistisch ausgewertet.

Statistische Datenauswertung

Die **Präzision** eines Datensatzes aus mehreren Messungen ist ein Maß für die gegenseitige Annäherung der einzelnen Werte dieses Datensatzes. Sie wird üblicherweise als die relative Standardabweichung (RSD) des Datensatzes angegeben und berechnet sich gemäß:

Standardabweichung:
$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (1)$$

Relative Standardabweichung:
$$RSD = s/\bar{x} [\%] \quad (2)$$

Die **Richtigkeit** ist definiert als die Übereinstimmung der bekannten und der gemessenen Konzentration. Sie wird entweder als Verhältnis der gemessenen und der bekannten Konzentration des Analyten angegeben:

Richtigkeit [%]:
$$Richtigkeit = x_{\text{gemessen}}/x_{\text{bekannt}} [\%] \quad (3)$$

oder sie wird ausgedrückt als Mangel der Übereinstimmung von gemessenem und bekanntem Wert, was wir oft als "**Bias**" bezeichnen:

Bias [‰ oder mg/L]:
$$Bias = x_{\text{gemessen}} - x_{\text{bekannt}} [\% \text{ oder mg/L}] \quad (4)$$



Für eine leichtere Interpretation wird die Messabweichung (Bias) oft als relative Messabweichung (relativer Bias) ausgedrückt:

$$\text{Relativer Bias [\%]}: \quad \text{Relative Bias} = \frac{x_{\text{gemessen}} - x_{\text{bekannt}}}{x_{\text{bekannt}}} [\%] \quad (5)$$

Diese Parameter werden zunächst für jedes Atemalkoholtestgerät und jeden Konzentrationslevel berechnet. Um eine robustere und auch besser interpretierbare Darstellung der Ergebnisse zu erhalten, werden die Ergebnisse der einzelnen Konzentrationslevel gemittelt für die meist fünf Instrumente, die von jeder Gerätetype untersucht wurden.

Alle statistischen Berechnungen wurden mittels Microsoft Excel® 2007 durchgeführt.

Die Ergebnisse der Studie werden in dem folgenden Abschnitt **“4 Ergebnisse der Studie”** sowohl in tabellarischer als auch in graphischer Form präsentiert.

Tabelle 2: Erklärung der in den Tabellen verwendeten Begriffe bei der Darstellung der Studienergebnisse.

Level [%]	Nominelle Blutalkohol-Konzentration [%]
Referenzwert [‰]	Konzentration des Kalibrationsgases [‰] auf dem betrachteten Konzentrationslevel
Mittelwert [‰]	Mittelwert der jeweiligen Messungen [‰]
Richtigkeit	Verhältnis des Mittelwertes der Messungen und des Referenzwertes, angegeben in [%]
RSD%	Relative Standardabweichung der Mittelwerte, angegeben in [%]
Bias [‰]	Absolute Messabweichung zwischen dem Referenzwert und dem Mittelwert, angegeben in [‰]
SD des Bias [‰]	Absolute Standardabweichung der Messabweichung, angegeben in [‰]
Rel. Bias [%]	Relative Messabweichung zwischen Referenzwert und Mittelwert, angegeben in [%]
SD des Rel. Bias [%]	Standardabweichung der relative Messabweichung, angegeben in [%]

3.2 DURCHFÜHRUNG DER STUDIE

Die folgenden Atemalkoholtestgeräte wurden in dieser Genauigkeitsstudie untersucht:

Tabelle 3: Identifikation und Charakterisierung der in der vorliegenden Studie untersuchten Atemalkohol-Testgeräte.

Hersteller / Lieferant	Modell	Verwendungsart	Genauigkeitsklasse	Messprinzip
ACE	Neo	Privatanwender	1	Brennstoffzelle
ACE	II Basic	Privatanwender	1	Brennstoffzelle
ACE	III Basic	Privatanwender	1	Brennstoffzelle
ACE	III Premium	Privatanwender	1	Brennstoffzelle
ACE	AF-33	Privatanwender	1	Brennstoffzelle
ACE	AL5500	Privatanwender	3	Halbleiter-Ssensor
ACE	Pro Med Basic	Privatanwender	1+	Brennstoffzelle
ACE	one	Privatanwender	n/a	Brennstoffzelle
Dräger	Alcotest 3000	Privatanwender	1+	Brennstoffzelle



Tabelle 3 (Forts.): Identifikation und Charakterisierung der in der vorliegenden Studie untersuchten Atemalkohol-Testgeräte.

Hersteller Lieferant	/ Modell	Verwendungsart	Genauigkeitsklasse	Messprinzip
Dräger	Alcotest 5510	Privatanwender / Polizei	1+	Brennstoffzelle
Dräger	Alcotest 6820	Privatanwender / Polizei	1+	Brennstoffzelle
EnviteC	AlcoQuant 6020 Plus	Privatanwender / Polizei	1+	Brennstoffzelle
ACE	Public V	Stationär	1+	Brennstoffzelle
ACE	Stationäres Alkohol- testgerät	Stationär	n/a	Brennstoffzelle

Erzeugung der Prüfgasatmosphäre

Die Prüfgasatmosphären mit genau bekannter und konstanter Alkohol-Konzentration wurden gemäß der Norm DIN EN 16280 [5] mit einer experimentellen Anordnung erzeugt, die aus zwei in Serie geschalteten ‚Simulatoren‘ bestand, sowie einer Membranpumpe um den Gasstrom mit an Alkohol angereicherter Luft zu erzeugen, der für die Prüfung der Atemalkohol-Messgeräte benötigt wurde.

Ein ‚Simulator‘ ist ein Gerät, das mit einer wässrigen Alkohol-Lösung befüllt ist, durch die ein Strom von reiner Luft (Nullluft) hindurch geleitet wird. Dabei sättigt sich der Luftstrom mit Wasserdampf und mit gasförmigem Alkohol entsprechend der genau eingestellten Temperatur des Gerätes. Beide Simulatoren wurden auf $34.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$ thermostatisiert. Der Betrieb beider Simulatoren in Serie stellt sicher, dass die eingestellte Gasphasenkonzentration des Alkohols über eine längere Versuchszeit konstant bleibt.

Die beiden in dieser Studie verwendeten Simulatoren waren Geräte der Type Dräger Mark II A (Dräger Safety Diagnostics Inc., Irving, TX, USA), Teile Nr. 454 0088 mit den Seriennummern DDAK-0034 und DDXB-0020.

Des Weiteren wurde eine Membranpumpe Typ DY-20L, Serien-Nr. HB07016-1001B verwendet, um die Nullluft durch die Alkohol-Lösungen zu fördern und damit den für die Überprüfung der Atemalkohol-Messgeräte erforderlichen Gasstrom zu erzeugen (Abbildung 1).

Die Massenkonzentration an Alkohol im Prüfgasstrom, der durch Hindurchleiten des Nullluftstroms durch eine wässrige Alkohollösung bekannter Konzentration $C_{\text{Lösung}}$ kann durch folgende Formel beschrieben werden, die ursprünglich von Dubowski abgeleitet wurde [6]:

$$C_{\text{Gasphase}} = 0.04151 \times 10^{-3} \times C_{\text{Lösung}} \times \exp(0.06583t) \quad (6)$$

Dabei ist C_{Gasphase} die Massenkonzentration des Alkohols in der Gasphase (Luft) in [mg/L], $C_{\text{Lösung}}$ die Massenkonzentration von Alkohol in der wässrigen Lösung in [mg/L] und t ist die Temperatur in [$^\circ\text{C}$].

Für $t = 34^\circ\text{C}$ gilt: $C_{\text{Gasphase}} = 0.38866 \times 10^{-3} C_{\text{Lösung}}$

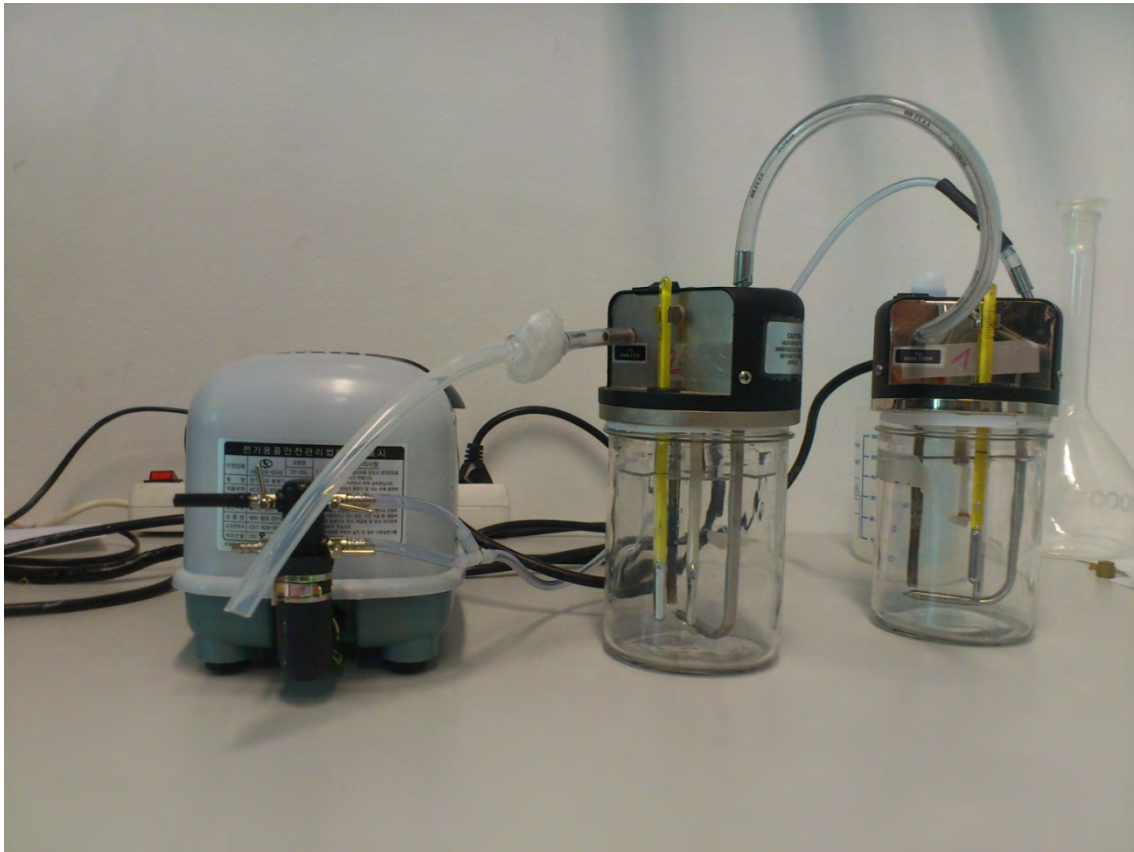


Abbildung 1: Versuchsaufbau für die Durchführung der Studie zur Überprüfung der Atemalkohol-Messgeräte. Die Membranpumpe ist auf der linken Seite sichtbar, die beiden in Serie betriebenen Simulatoren befinden sich rechts davon. Das Prüfgas wird durch den Schlauch im Vordergrund bereitgestellt. Die Simulatoren sind in diesem Foto nicht befüllt.

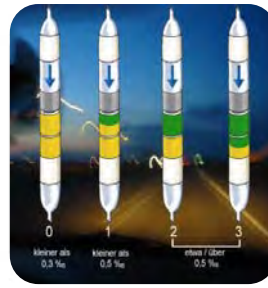
Um die Gültigkeit des oben beschriebenen Ansatzes für die Herstellung von Testgasatmosphären mit genau definierter Alkohol-Konzentration zu überprüfen, wurden Referenzmessungen mit zwei kalibrierten Atemalkohol-Messgeräten der metrologischen Klasse 1+ durchgeführt, die auch für die Durchführung von Vortests durch die Polizei zugelassen sind. Es handelte sich dabei um Geräte der Type Dräger Alcotest 6820 (Teile Nr. 8322 620), wobei die im Rahmen dieser Studie verwendeten Geräte die Serien-Nr. ARFL-0341 und ARFL-0323 hatten. Die Messwerte dieser beiden Geräte stimmten bei den Referenzmessungen innerhalb von 0.01‰ überein. Diese beiden Messgeräte wurden im Rahmen der Messungen gegen fünf andere Referenzgeräte der Type EnviteC AlcoQuant 6020 plus (Teile Nr. 1001 780) kalibriert, die selbst der metrologischen Klasse 1+ angehören. Die Seriennummern der in dieser Studie verwendeten fünf Messgeräte waren A406 826, A406 829, A406 830, A406 831 und A406 834.

Alle Messungen wurden gemäß der Bedienungsanleitung der jeweiligen Alkotester durchgeführt.

4 Ergebnisse der Studie

4.1 DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE

Auf den folgenden Seiten werden die Ergebnisse der Genauigkeitsüberprüfung separat für jedes Gerät dargestellt. Die Präsentation der Ergebnisse umfasst dabei eine tabellarische Zusammenfassung der Daten sowie drei Grafiken pro untersuchtem Gerätetyp, in der die Richtigkeit (ausgedrückt als prozentuelles Verhältnis der gemessenen gegenüber der bekannten Konzentration des Prüfgases), die absolute Messabweichung (angegeben in ‰ BAK) sowie die relative Messabweichung (ausgedrückt in Prozent des jeweiligen Kalibrationslevels, %) dargestellt sind.



4.2 ACE NEO

Abbildung 2: ACE Neo Atemalkohol-Messgerät.



Tabelle 4: Zusammenfassung der Ergebnisse für das ACE Neo Atemalkohol-Messgerät.

Level [‰]	0	0.100	0.250	0.400	0.600
Referenzwert [‰]	0	0.092	0.238	0.384	0.576
Mittelwert [‰]	0.000	0.105	0.247	0.388	0.564
Richtigkeit	100.0%	114.6%	103.4%	101.2%	97.8%
RSD%	0.0%	4.8%	2.7%	2.5%	3.1%
Bias [‰]	0.000	0.013	0.008	0.005	-0.013
SD des Bias [‰]	0.000	0.004	0.005	0.010	0.017
Rel. Bias [%]	0.0%	14.6%	3.4%	1.2%	-2.2%
SD des Rel. Bias [%]	0.0%	4.7%	2.2%	2.5%	3.0%

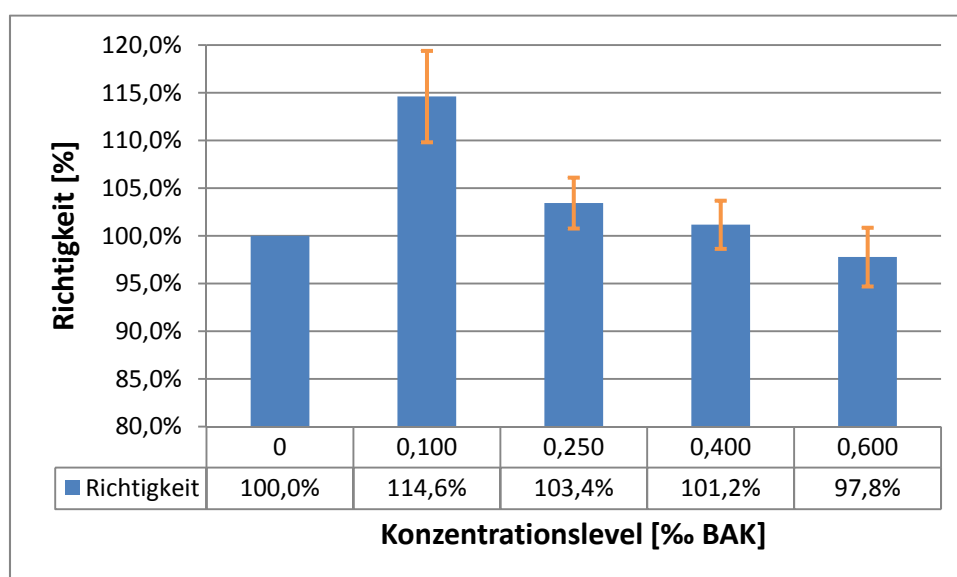


Abbildung 3: Richtigkeit des ACE Neo Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

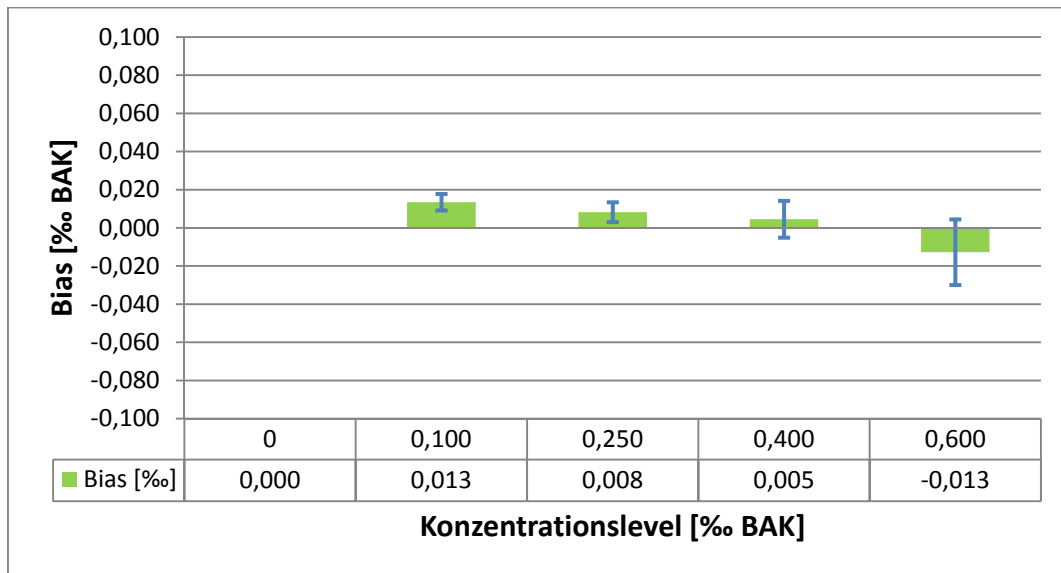


Abbildung 4: Absolute Messabweichung (in %o) des ACE Neo Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

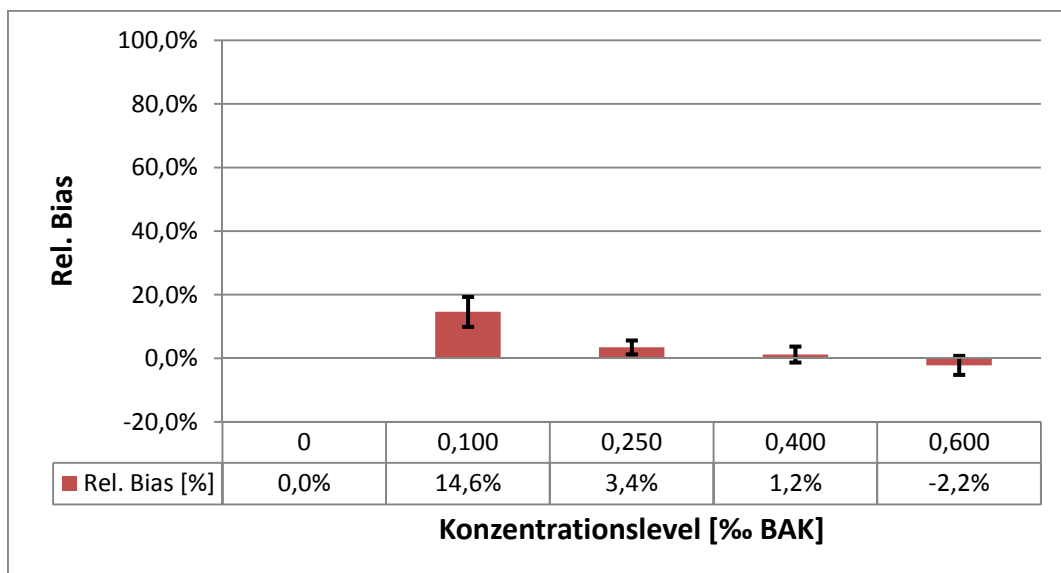


Abbildung 5: Relative Messabweichung (in % rel.) des ACE Neo Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.



4.3 ACE II BASIC

Abbildung 6: ACE II Basic Atemalkohol-Messgerät.



Tabelle 5: Zusammenfassung der Ergebnisse für das ACE II Basic Atemalkohol-Messgerät.

Level [‰]	0	0.100	0.250	0.400	0.600
Referenzwert [‰]	0	0.094	0.238	0.382	0.575
Mittelwert [‰]	0.000	0.100	0.248	0.394	0.584
Richtigkeit	100.0%	106.5%	104.1%	103.2%	101.6%
RSD%	0.0%	0.0%	1.6%	1.7%	3.4%
Bias [‰]	0.000	0.006	0.010	0.012	0.009
SD des Bias [‰]	0.000	0.000	0.004	0.006	0.019
Rel. Bias [%]	0.0%	6.5%	4.1%	3.2%	1.6%
SD des Rel. Bias [%]	0.0%	0.0%	1.7%	1.5%	3.3%

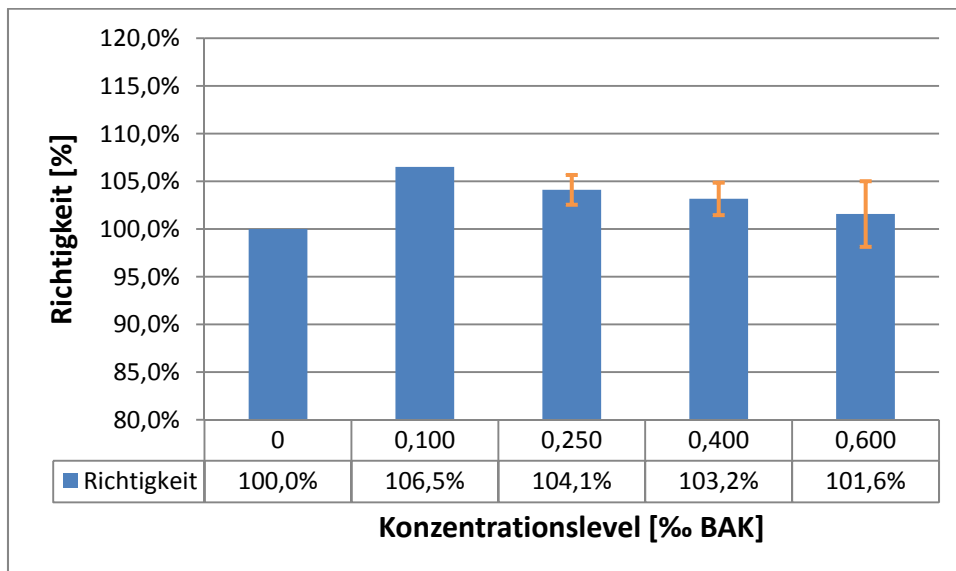


Abbildung 7: Richtigkeit des ACE II Basic Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

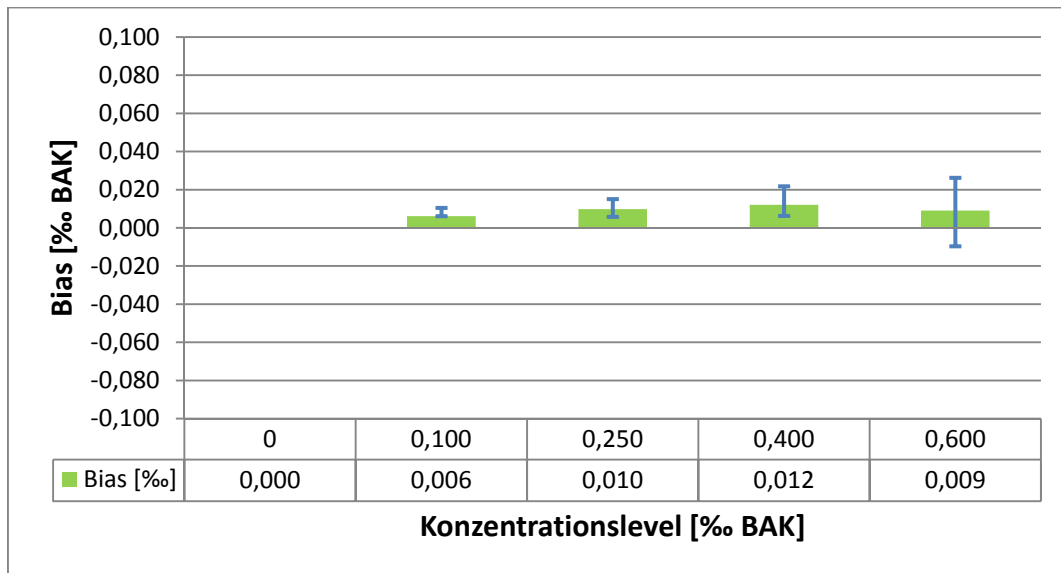


Abbildung 8: Absolute Messabweichung (in ‰) des ACE II Basic Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

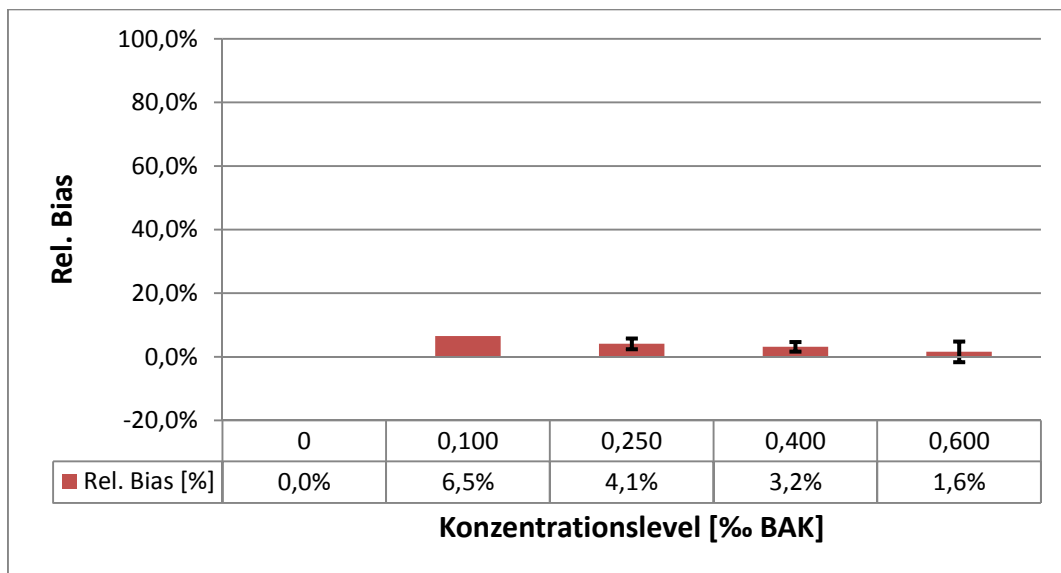


Abbildung 9: Relative Messabweichung (in % rel.) des ACE II Basic Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.



4.4 ACE III BASIC

Abbildung 10: ACE III Basic Atemalkohol-Messgerät.



Tabelle 6: Zusammenfassung der Ergebnisse für das ACE III Basic Atemalkohol-Messgerät.

Level [‰]	0	0.100	0.250	0.400	0.600
Referenzwert [‰]	0	0.097	0.229	0.378	0.585
Mittelwert [‰]	0.000	0.105	0.247	0.388	0.564
Richtigkeit	100.0%	108.0%	107.7%	102.8%	96.4%
RSD%	0.0%	4.8%	2.7%	2.5%	3.1%
Bias [‰]	0.000	0.008	0.018	0.011	-0.021
SD des Bias [‰]	0.000	0.004	0.005	0.010	0.017
Rel. Bias [%]	0.0%	8.0%	7.7%	2.8%	-3.6%
SD des Rel. Bias [%]	0.0%	4.4%	2.3%	2.6%	2.9%

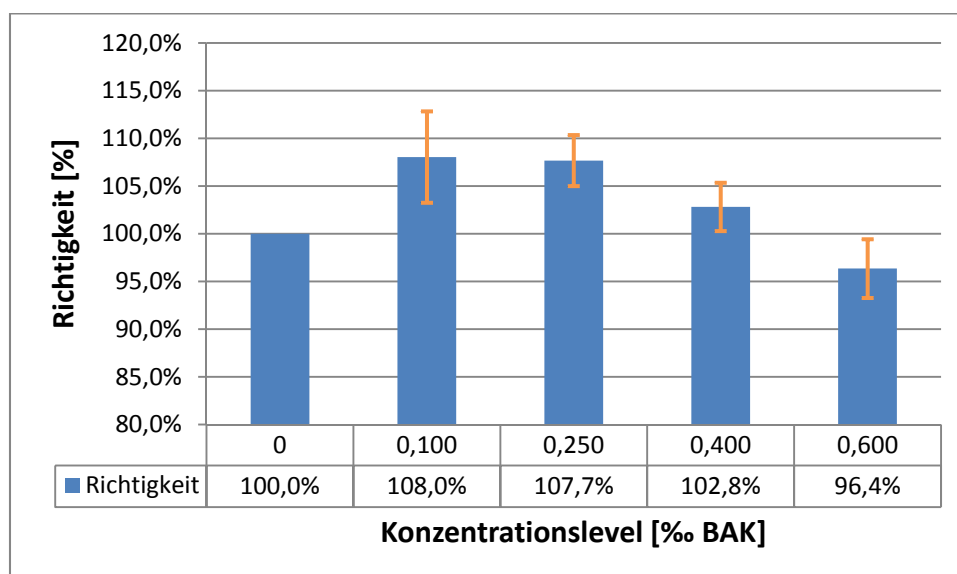


Abbildung 11: Richtigkeit des ACE III Basic Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

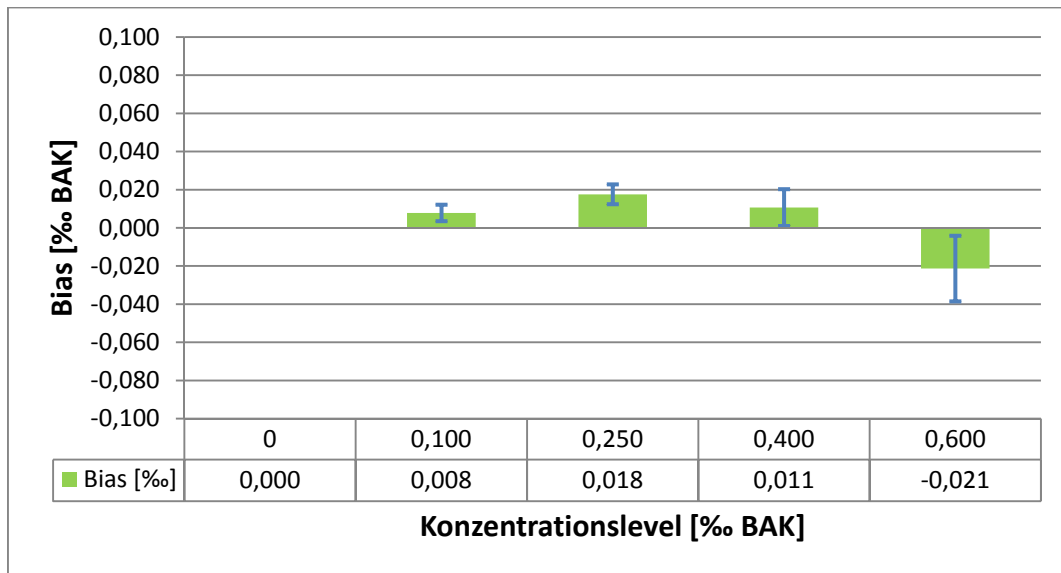


Abbildung 12: Absolute Messabweichung (in %) des ACE III Basic Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

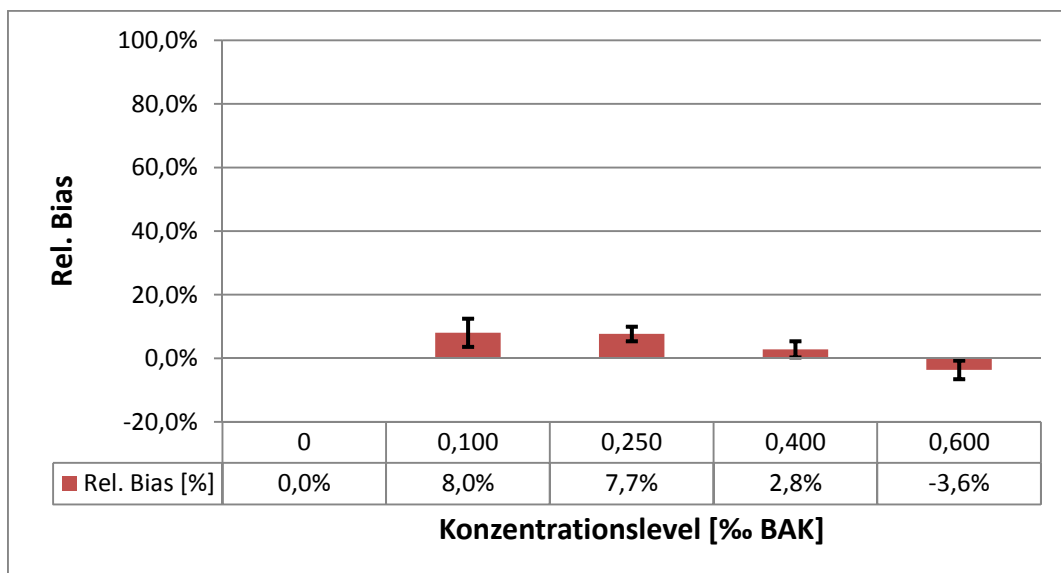


Abbildung 13: Relative Messabweichung (in % rel.) des ACE III Basic Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.



4.5 ACE III PREMIUM

Abbildung 14: ACE III Premium Atemalkohol-Messgerät.



Tabelle 7: Zusammenfassung der Ergebnisse für das ACE III Premium Atemalkohol-Messgerät.

Level [‰]	0	0.100	0.250	0.400	0.600
Referenzwert [‰]	0	0.094	0.238	0.382	0.575
Mittelwert [‰]	0.000	0.008	0.229	0.374	0.584
Richtigkeit	100.0%	8.5%	96.1%	97.8%	101.6%
RSD%	0.0%	342.6%	3.0%	5.2%	3.4%
Bias [‰]	0.000	-0.086	-0.009	-0.008	0.009
SD des Bias [‰]	0.000	0.018	0.005	0.021	0.019
Rel. Bias [%]	0.0%	-91.5%	-3.9%	-2.2%	1.6%
SD des Rel. Bias [%]	0.0%	19.1%	2.2%	5.4%	3.3%

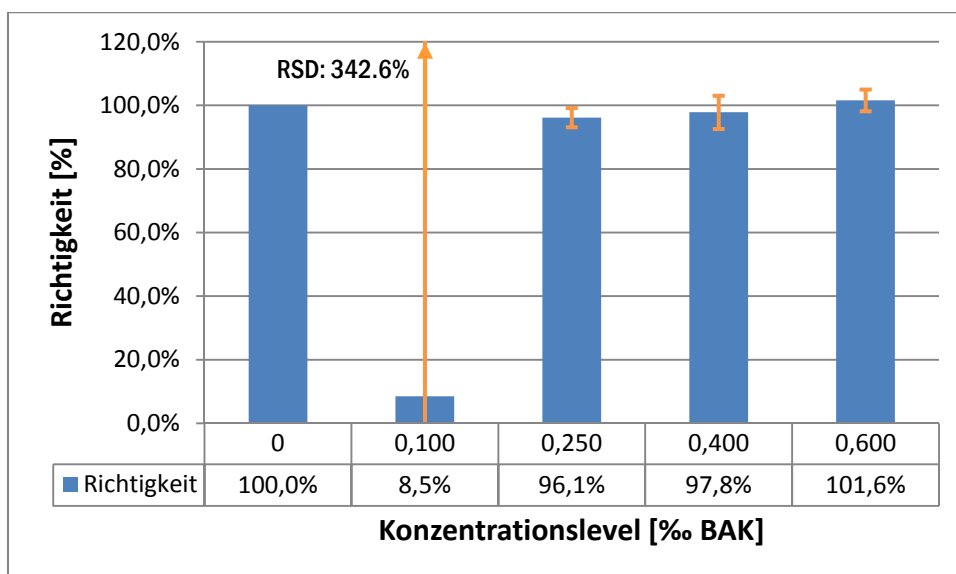


Abbildung 15: Richtigkeit des ACE III Premium Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

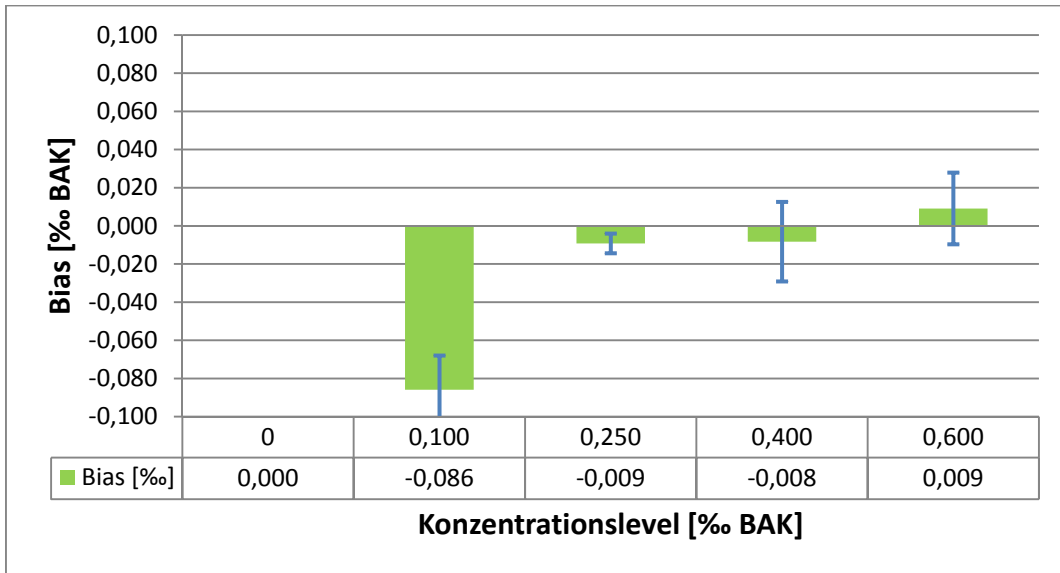


Abbildung 16: Absolute Messabweichung (in %) des ACE III Premium Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

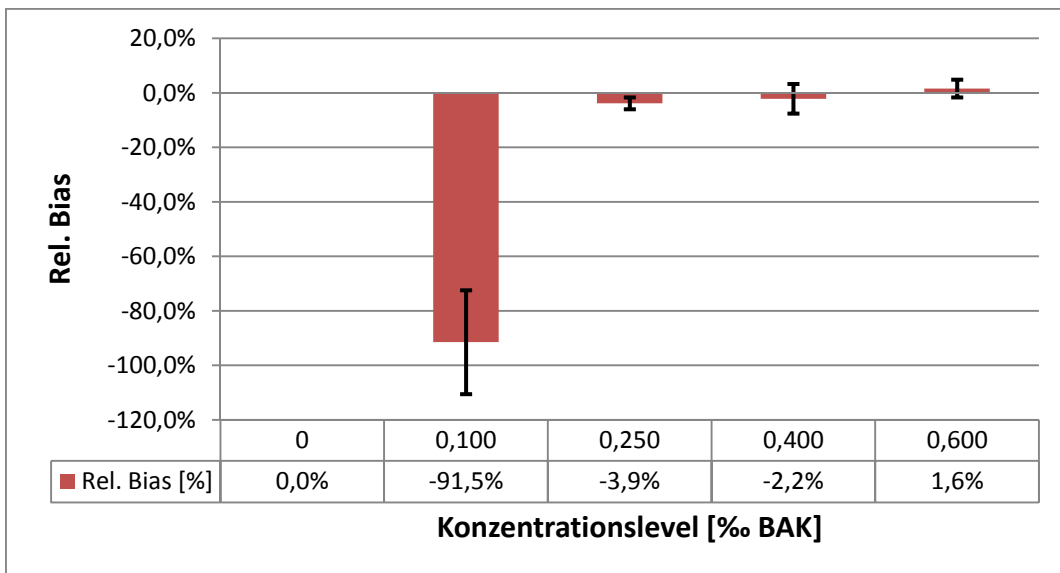
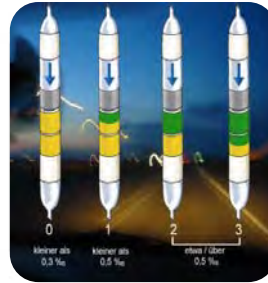


Abbildung 17: Relative Messabweichung (in %) des ACE III Premium Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.



4.6 ACE AF-33

Abbildung 18: ACE AF-33 Atemalkohol-Messgerät.



Tabelle 8: Zusammenfassung der Ergebnisse für das ACE AF-33 Atemalkohol-Messgerät.

Level [‰]	0	0.100	0.250	0.400	0.600
Referenzwert [‰]	0	0.098	0.246	0.382	0.576
Mittelwert [‰]	0.000	0.097	0.229	0.375	0.579
Richtigkeit	100.0%	98.9%	93.0%	98.0%	100.5%
RSD%	0.0%	4.5%	6.0%	1.5%	1.0%
Bias [‰]	0.000	-0.001	-0.017	-0.007	0.003
SD des Bias [‰]	0.000	0.003	0.010	0.005	0.004
Rel. Bias [%]	0.0%	-1.1%	-7.0%	-2.0%	0.5%
SD des Rel. Bias [%]	0.0%	2.5%	4.1%	1.4%	0.8%

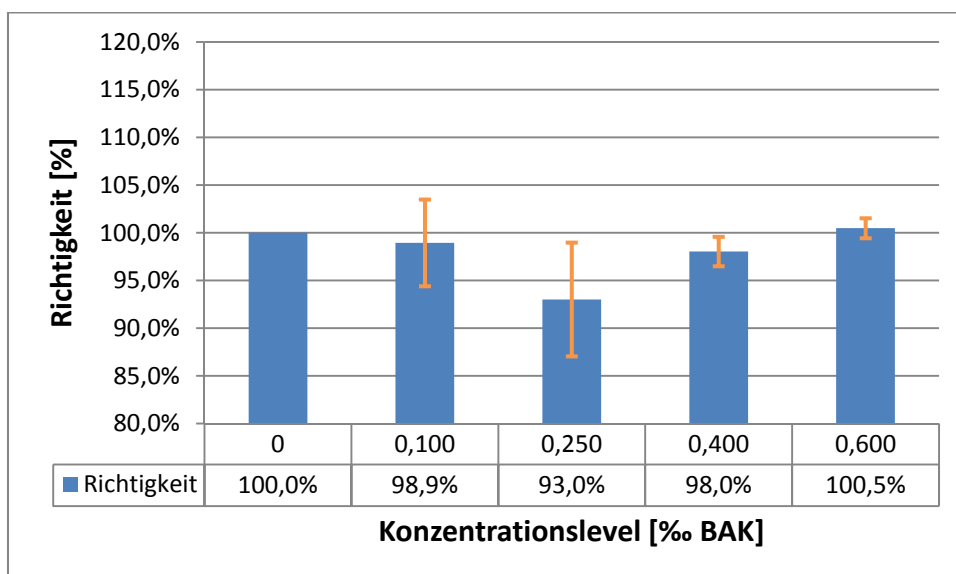


Abbildung 19: Richtigkeit des ACE AF-33 Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

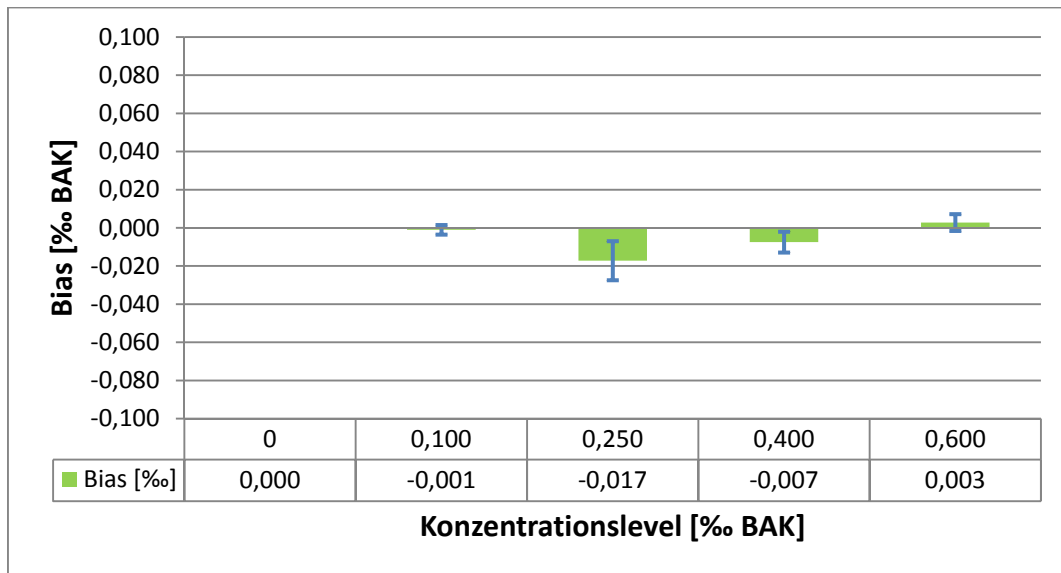


Abbildung 20: Absolute Messabweichung (in %) des ACE AF-33 Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

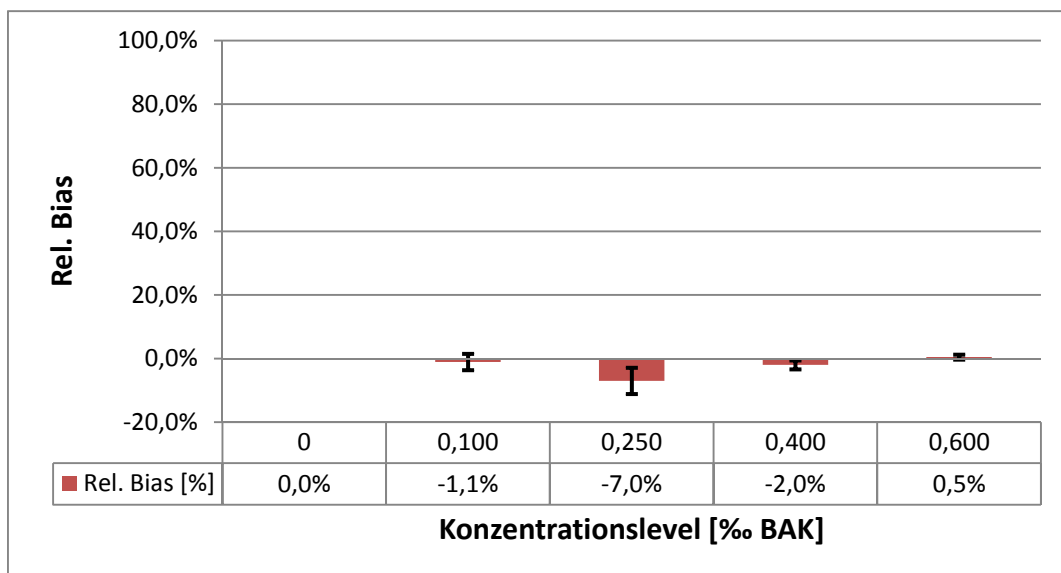


Abbildung 21: Relative Messabweichung (in %) des ACE AF-33 Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.



4.7 ACE AL5500

Abbildung 22: ACE AL5500 Atemalkohol-Messgerät.



Tabelle 9: Zusammenfassung der Ergebnisse für das ACE AL5500 Atemalkohol-Messgerät.

Level [‰]	0	0.100	0.250	0.400	0.600
Referenzwert [‰]	0	0.094	0.238	0.383	0.575
Mittelwert [‰]	0.000	0.102	0.219	0.384	0.590
Richtigkeit	100.0%	107.8%	92.1%	100.2%	102.6%
RSD%	0.0%	69.9%	12.1%	3.9%	1.8%
Bias [‰]	0.000	0.007	-0.019	0.001	0.015
SD des Bias [‰]	0.000	0.064	0.021	0.012	0.007
Rel. Bias [%]	0.0%	7.8%	-7.9%	0.2%	2.6%
SD des Rel. Bias [%]	0.0%	67.5%	8.7%	3.2%	1.3%

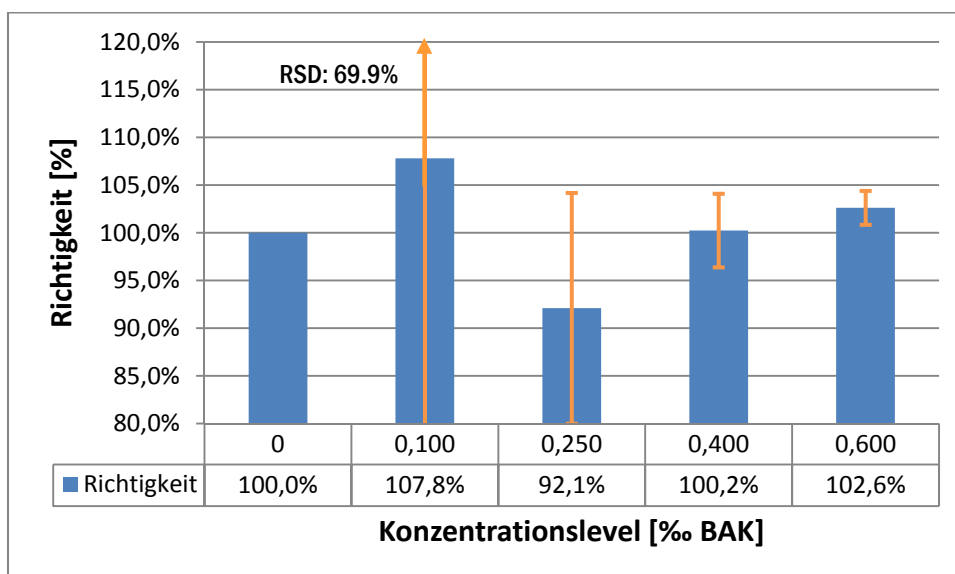


Abbildung 23: Richtigkeit des ACE AL5500 Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

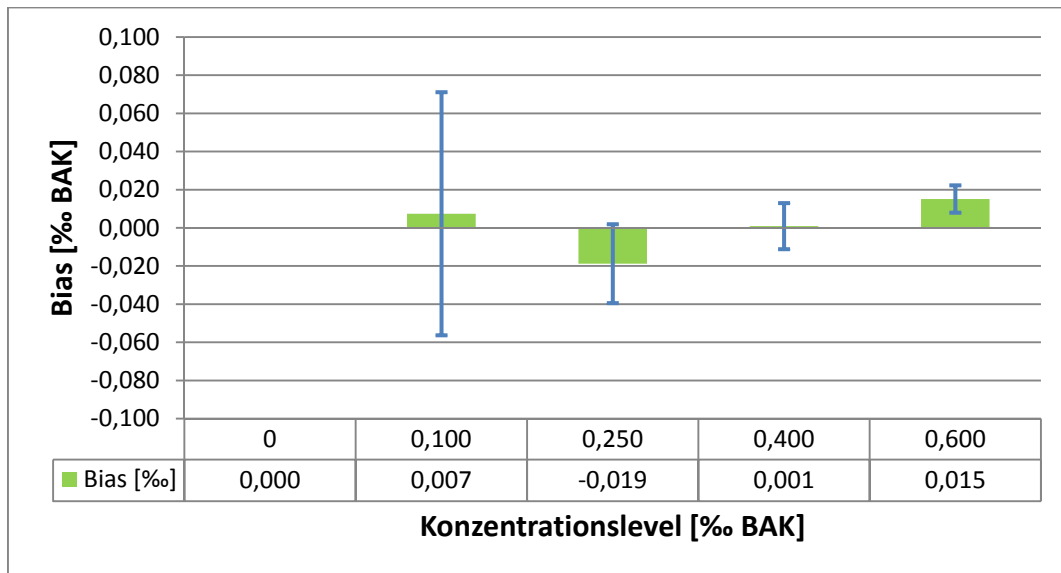


Abbildung 24: Absolute Messabweichung (in %) des ACE AL5500 Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

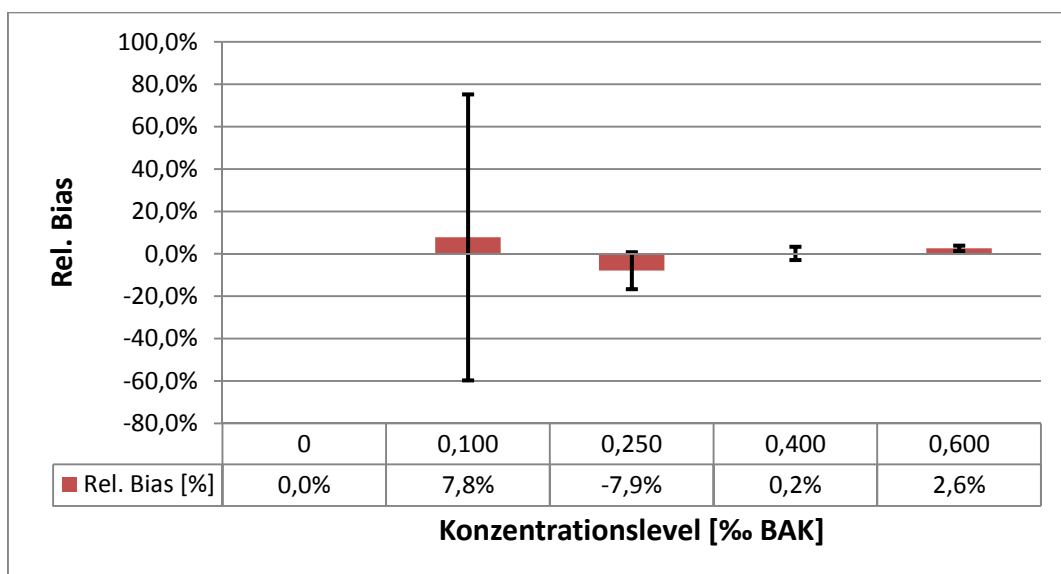


Abbildung 25: Relative Messabweichung (in % rel.) des ACE AL5500 Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.



4.8 ACE PRO MED BASIC

Abbildung 26: ACE Pro Med Basic Atemalkohol-Messgerät.



Tabelle 10: Zusammenfassung der Ergebnisse für das ACE Pro Med Basic Atemalkohol-Messgerät.

Level [‰]	0	0.100	0.250	0.400	0.600
Referenzwert [‰]	0	0.100	0.245	0.379	0.576
Mittelwert [‰]	0.000	0.061	0.228	0.361	0.539
Richtigkeit	100.0%	60.7%	93.0%	95.1%	93.6%
RSD%	0.0%	86.4%	7.2%	4.9%	4.3%
Bias [‰]	0.000	-0.039	-0.017	-0.019	-0.037
SD des Bias [‰]	0.000	0.056	0.017	0.019	0.025
Rel. Bias [%]	0.0%	-39.3%	-7.0%	-4.9%	-6.4%
SD des Rel. Bias [%]	0.0%	56.0%	7.0%	4.9%	4.3%

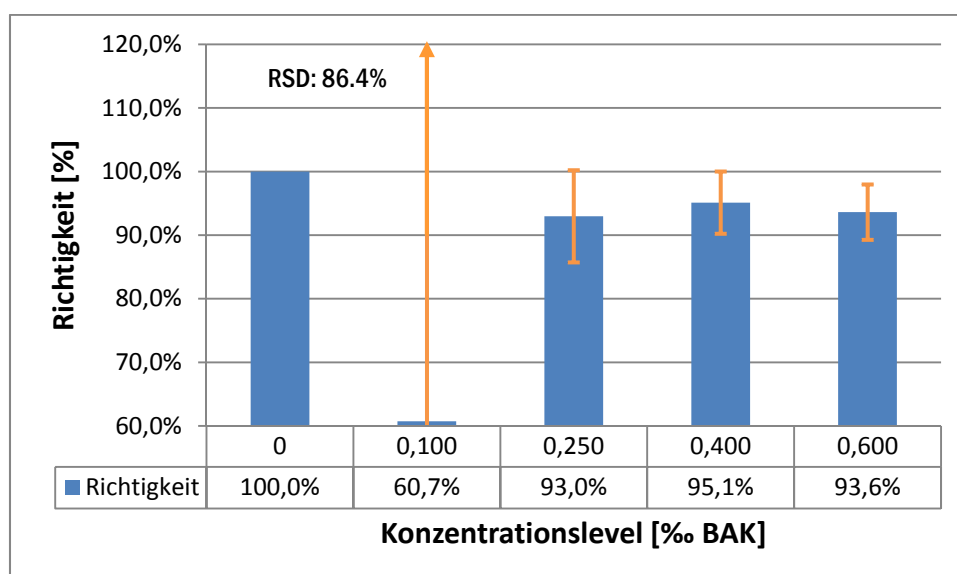


Abbildung 27: Richtigkeit des ACE Pro Med Basic Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

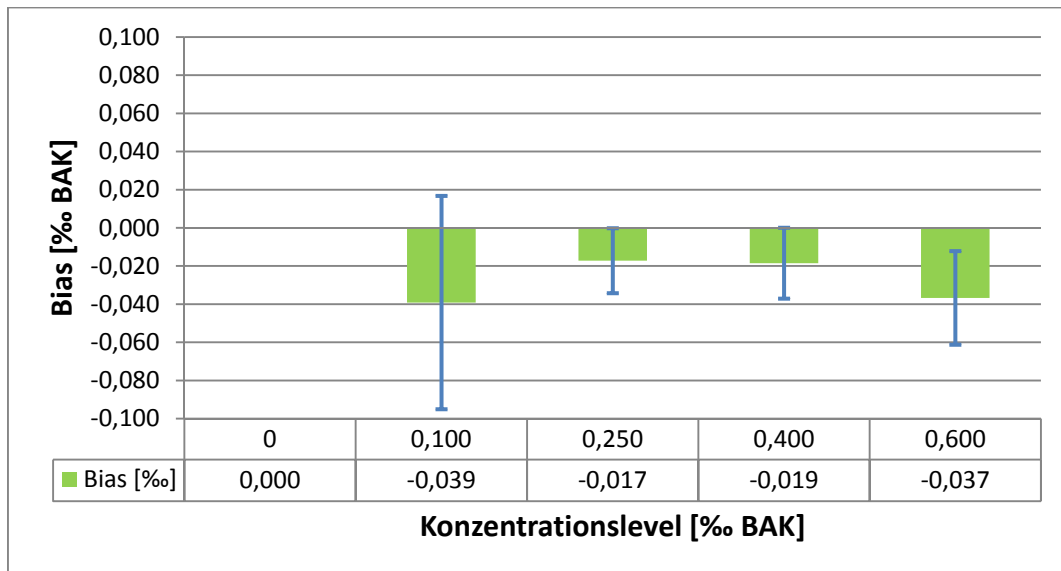


Abbildung 28: Absolute Messabweichung (in %) des ACE Pro Med Basic Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

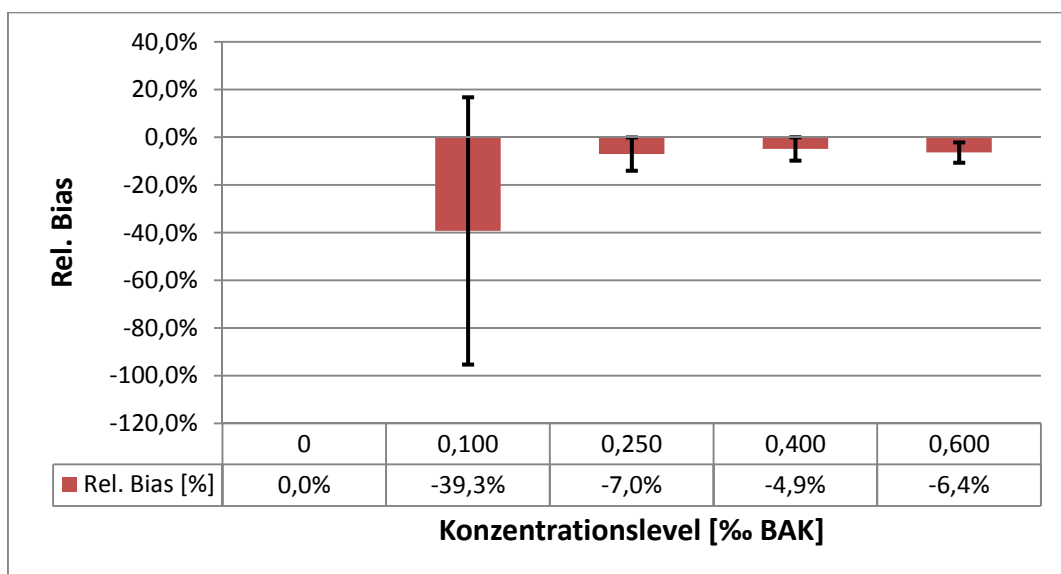


Abbildung 29: Relative Messabweichung (in %) des ACE Pro Med Basic Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.



4.9 ACE ONE

Abbildung 30: ACE one Atemalkohol-Messgeräte.



Tabelle 11: Zusammenfassung der Ergebnisse für das ACE one Atemalkohol-Messgerät.

Level [‰]	0	0.100	0.250	0.400	0.600
Referenzwert [‰]	0.000	0.091	0.234	0.379	0.573
Mittelwert [‰]	0	0.088	0.236	0.383	0.583
Richtigkeit	100.0%	96.3%	100.6%	101.0%	101.7%
RSD%	0.0%	4.6%	2.1%	1.6%	1.6%
Bias [‰]	0.000	-0.003	0.001	0.004	0.010
SD des Bias [‰]	0.000	0.004	0.001	0.001	0.009
Rel. Bias [%]	0.0%	-3.7%	0.6%	1.0%	1.7%
SD des Rel. Bias [%]	0.0%	4.9%	0.4%	0.4%	1.5%

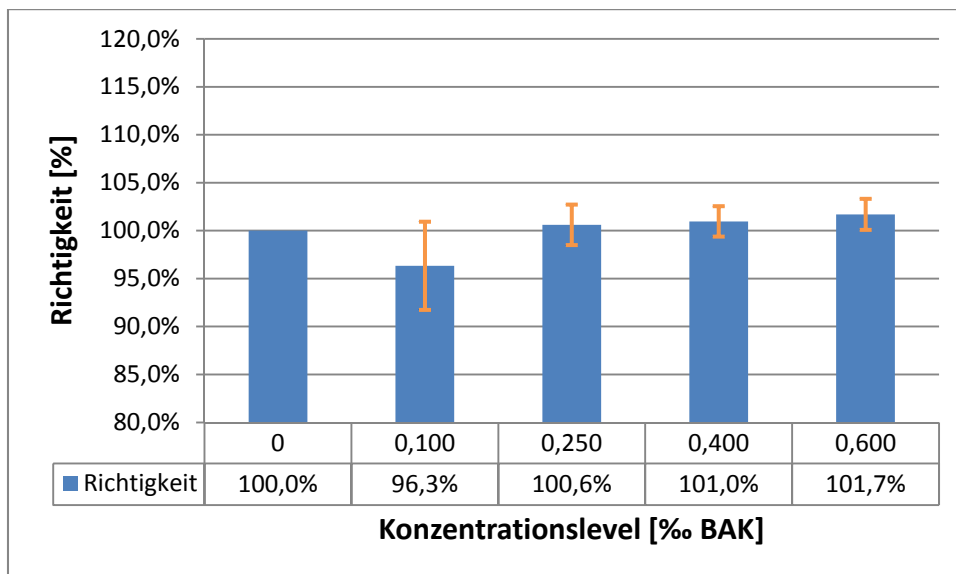


Abbildung 31: Richtigkeit des ACE one Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

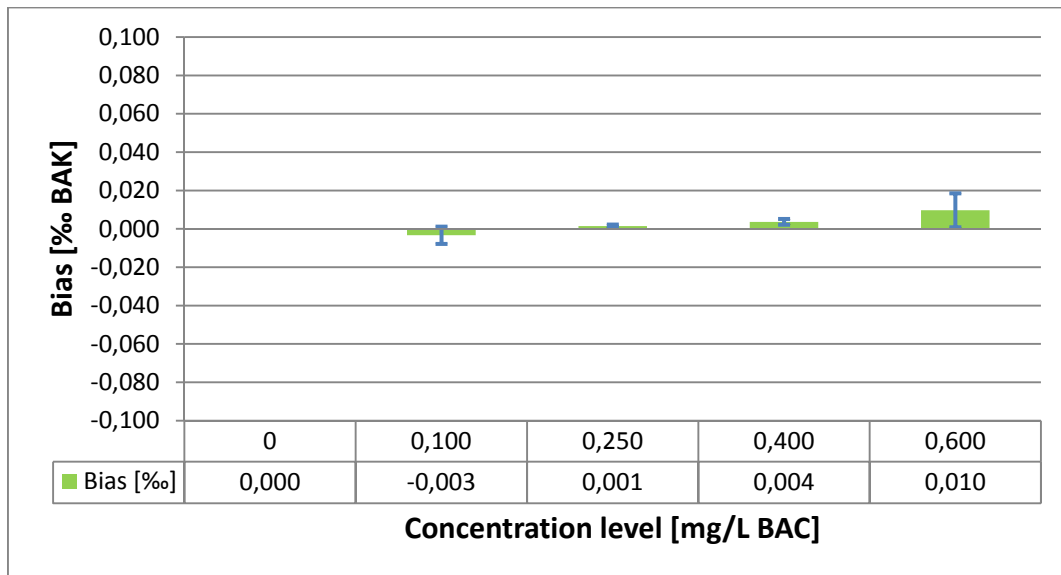


Abbildung 32: Absolute Messabweichung (in %) des ACE one Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

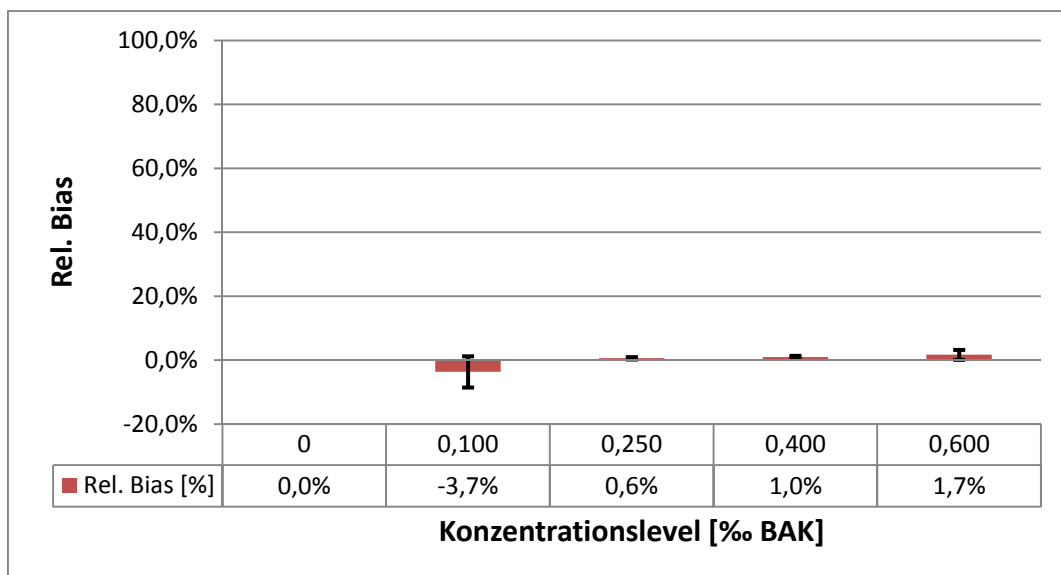


Abbildung 33: Relative Messabweichung (in %) des ACE one Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.



4.10 DRÄGER ALCOTEST 3000

Abbildung 34: Dräger Alcotest 3000 Atemalkohol-Messgerät.



Tabelle 12: Zusammenfassung der Ergebnisse für das Dräger Alcotest 3000 Atemalkohol-Messgerät.

Level [‰]	0	0.100	0.250	0.400	0.600
Referenzwert [‰]	0.000	0.091	0.245	0.397	0.584
Mittelwert [‰]	0.000	0.091	0.245	0.397	0.584
Richtigkeit	100.0%	100.8%	101.2%	101.9%	101.5%
RSD%	0.0%	6.1%	2.1%	2.3%	3.1%
Bias [‰]	0.003	0.001	0.003	0.008	0.009
SD des Bias [‰]	0.000	0.005	0.005	0.008	0.018
Rel. Bias [%]	0.0%	0.8%	1.2%	1.9%	1.5%
SD des Rel. Bias [%]	0.0%	5.1%	1.9%	2.1%	3.1%

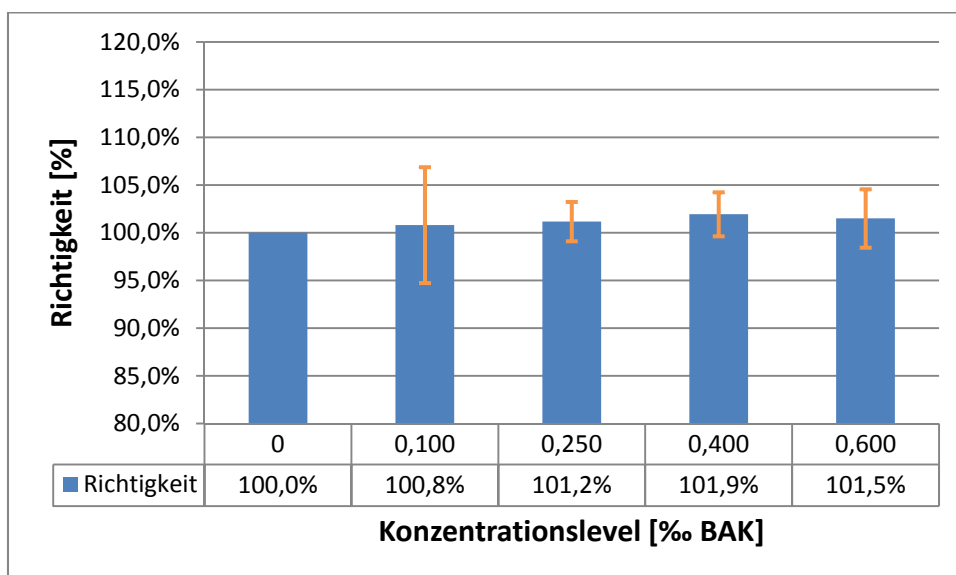


Abbildung 35: Richtigkeit des Dräger Alcotest 3000 Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

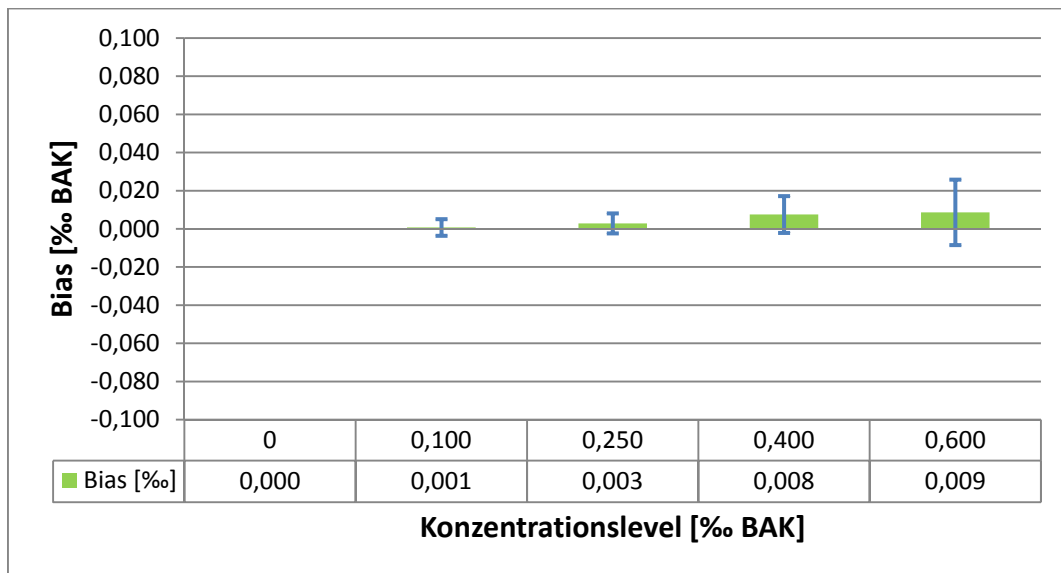


Abbildung 36: Absolute Messabweichung (in %) des Dräger Alcotest 3000 Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

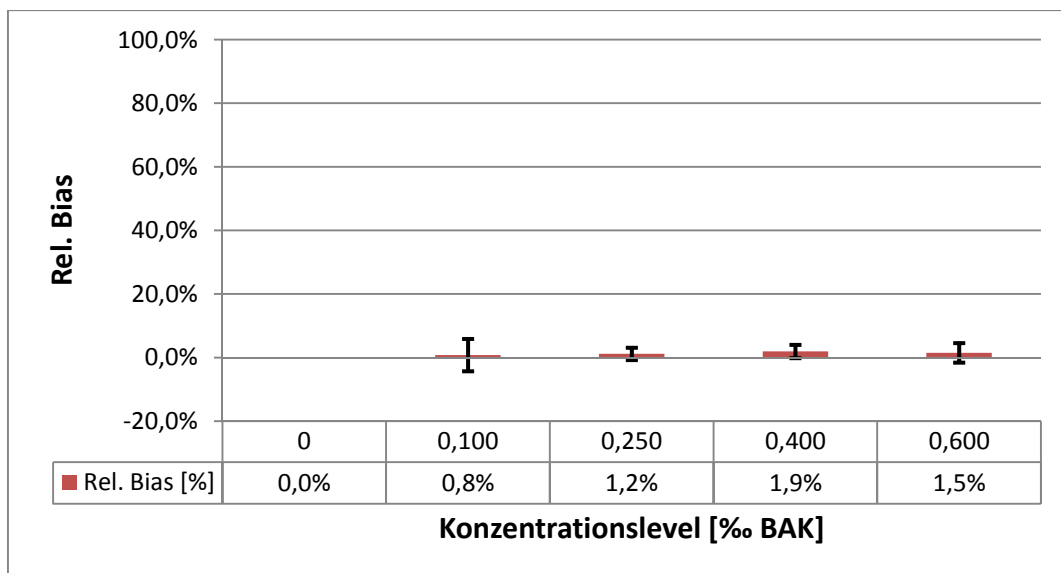


Abbildung 37: Relative Messabweichung (in % rel.) des Dräger Alcotest 3000 Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.



4.11 ACE PUBLIC V

Abbildung 38: ACE Public V Atemalkohol-Messgerät.



Tabelle 13: Zusammenfassung der Ergebnisse für das ACE Public V Atemalkohol-Messgerät.

Level [‰]	0	0.100	0.250	0.400	0.600
Referenzwert [‰]	0	0.094	0.138	0.374	0.568
Mittelwert [‰]	0.000	0.097	0.239	0.385	0.582
Richtigkeit	100.0%	103.1%	101.7%	102.8%	102.6%
RSD%	0.0%	5.0%	2.8%	3.2%	3.1%
Bias [‰]	0.000	0.003	0.004	0.010	0.015
SD des Bias [‰]	0.000	0.002	0.004	0.013	0.020
Rel. Bias [%]	0.0%	3.1%	1.7%	2.8%	2.6%
SD des Rel. Bias [%]	0.0%	2.5%	1.9%	3.6%	3.6%

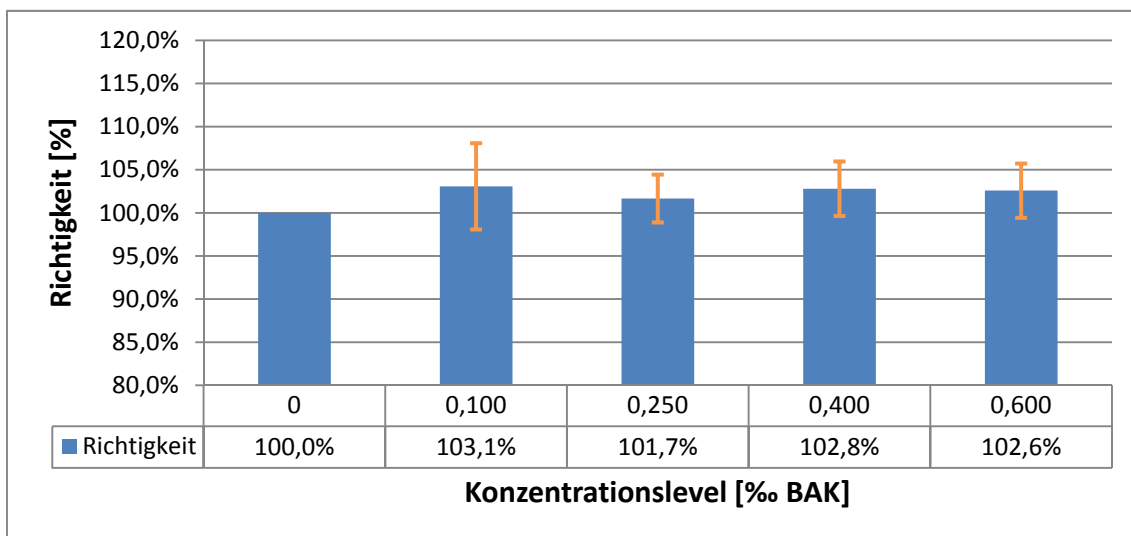


Abbildung 39: Richtigkeit des ACE Public V Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

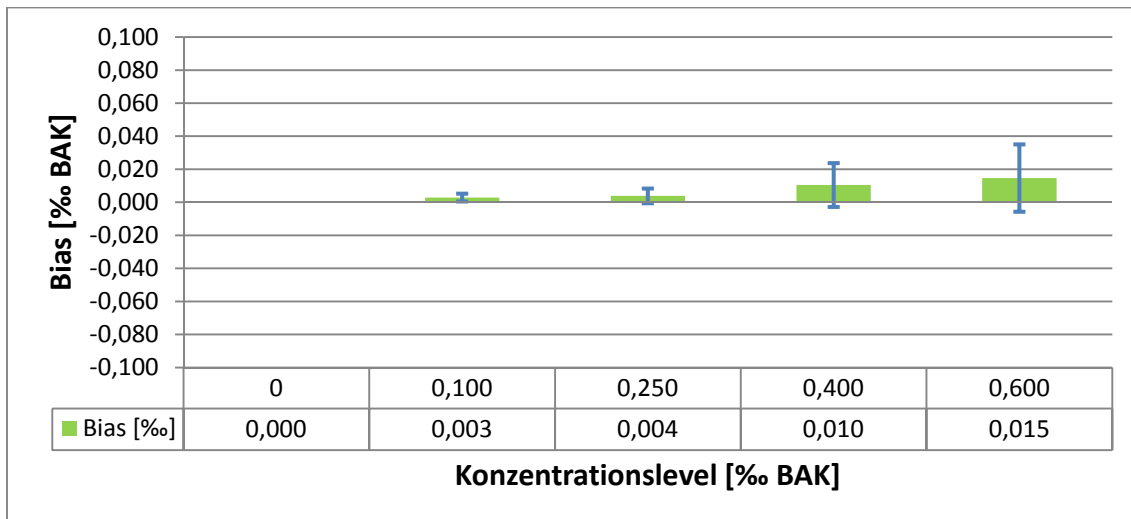


Abbildung 40: Absolute Messabweichung (in %) des ACE Public V Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

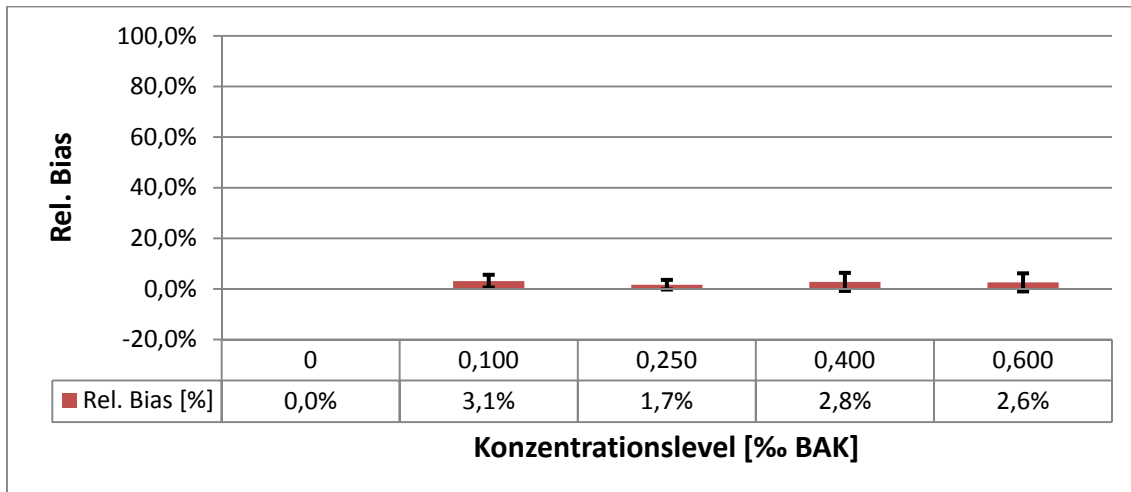


Abbildung 41: Relative Messabweichung (in % rel.) des ACE Public V Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.



4.12 STATIONÄRES ACE ATEMALKOHOL-MESSGERÄT

Abbildung 42: Stationäres ACE Atemalkohol-Messgerät.



Tabelle 14: Zusammenfassung der Ergebnisse für das stationäre ACE Atemalkohol-Messgerät.

Level [‰]	0	0.100	0.250	0.400	0.600
Referenzwert [‰]	0	0.094	0.238	0.382	0.578
Mittelwert [‰]	0.000	0.000	0.224	0.370	0.544
Richtigkeit	100.0%	0.0%	94.3%	97.0%	94.1%
RSD%	0.0%	0.0%	2.3%	1.8%	2.8%
Bias [‰]	0.003	-0.094	-0.014	-0.012	-0.034
SD des Bias [‰]	0.000	0.000	0.005	0.007	0.015
Rel. Bias [%]	0.0%	-100.0%	-5.7%	-3.0%	-5.9%
SD des Rel. Bias [%]	0.0%	0.0%	2.2%	1.7%	2.6%

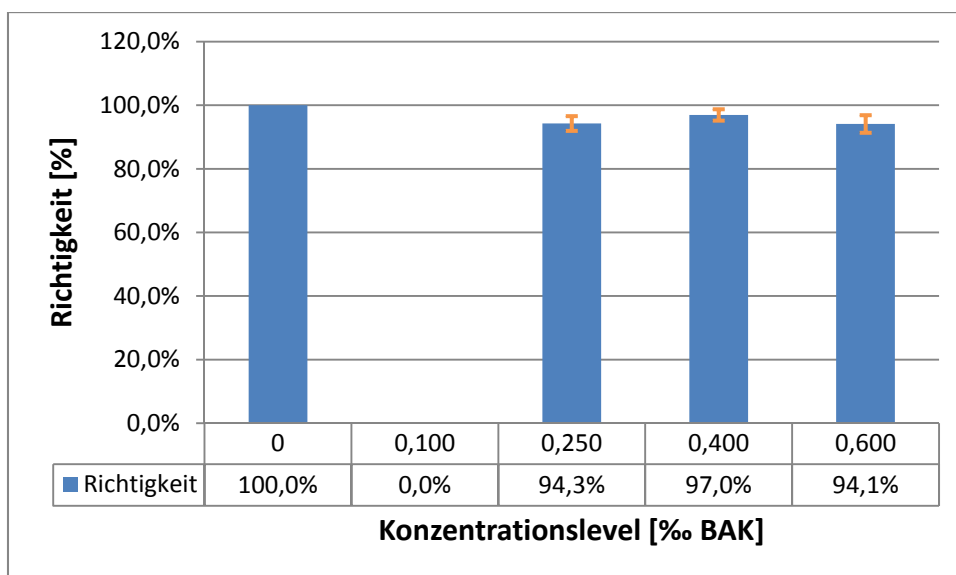


Abbildung 43: Richtigkeit des stationären ACE Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

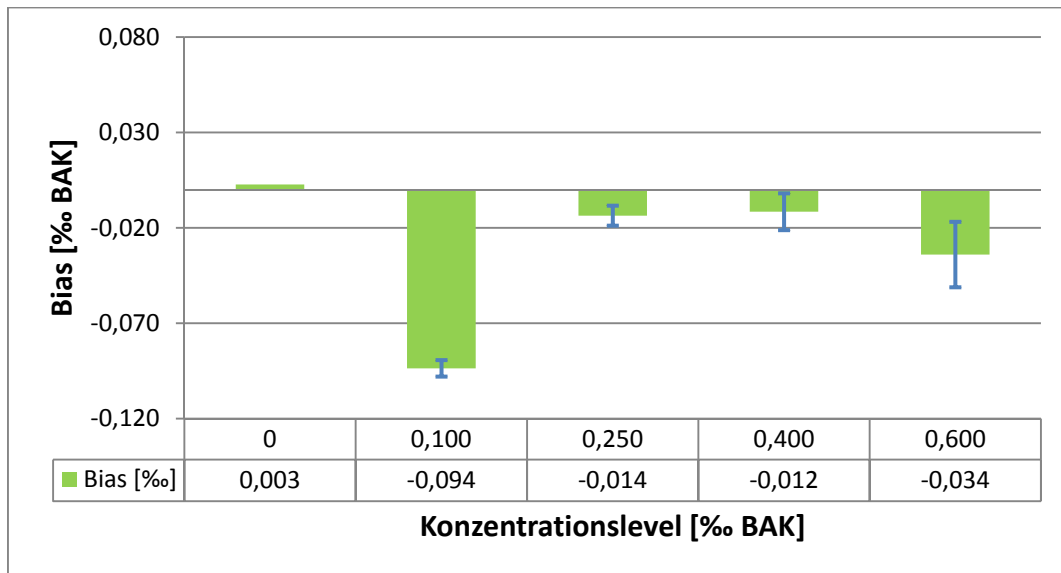


Abbildung 44: Absolute Messabweichung (in %) des stationären ACE Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

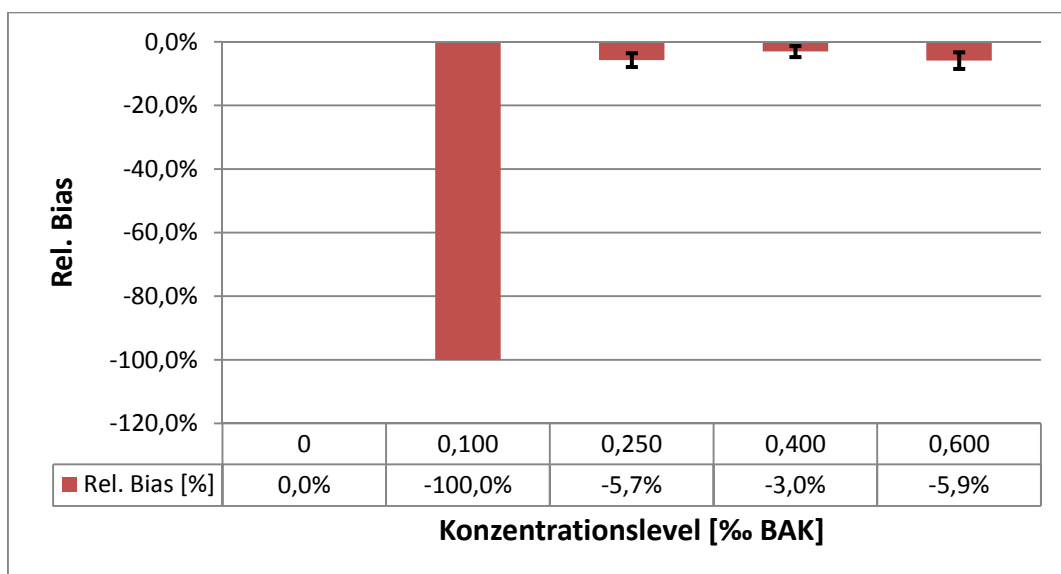


Abbildung 45: Relative Messabweichung (in % rel.) des stationären ACE Atemalkohol-Messgerätes auf den fünf untersuchten Alkohol-Konzentrationsleveln.

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Mit dem Ziel, die Ergebnisse dieser Studie so knapp und prägnant wie möglich und dabei dennoch leicht interpretierbar darzustellen, wurden die Ergebnisse für jedes Alkotester-Modell über alle getesteten Instrumente und über alle untersuchten Konzentrationslevel gemittelt. Dies erlaubt, eine durchschnittliche Richtigkeit zu berechnen (die sich als Gesamtmittelwert aller individuell ermittelten Richtigkeiten aus der Verwendung der in den meisten Fällen fünf Messgeräte pro Gerätetyp auf allen fünf untersuchten Konzentrationsleveln ergibt), ebenso wie auch eine durchschnittliche Präzision, die wiederum der Mittelwert aller auf allen Konzentrationsleveln und mit allen Messgeräten ermittelten Präzisionswerte ist.

Die beiden Abbildungen, in denen diese Ergebnisse zusammengefasst werden ([Abbildung 46](#) und [Abbildung 47](#)) sind die kondensierteste Form der Zusammenfassung dieser experimentellen Studie.

Wie aus der Darstellung der Ergebnisse dieser Studie und den zugrunde liegenden experimentellen Daten ersichtlich ist, erfüllen mehr als die Hälfte der getesteten Geräte (8 von 11) die Anforderungen für eine gute bis ausgezeichnete Bewertung hinsichtlich der Richtigkeit, und ebenso viele Geräte (8 von 11) auch die Anforderungen in Hinblick auf die Präzision. Unter diesen befindet sich nicht nur das Gerät, welches von der deutschen Polizei als Vortestgerät eingesetzt wird (Dräger Alcotest 3000), sondern auch verschiedene andere – auch weit kostengünstigere – Geräte anderer Hersteller.

Tabelle 15: Kriterien für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Atemalkohol-Messgeräte.

Beurteilung	Richtigkeit	Präzision
Augezeichnet bis Sehr Gut	97 - 100%	≤2.5%
Sehr Gut bis Gut	90 - 97%	2.5 - 5.0%
Gut bis Befriedigend	<90%	>5.0%

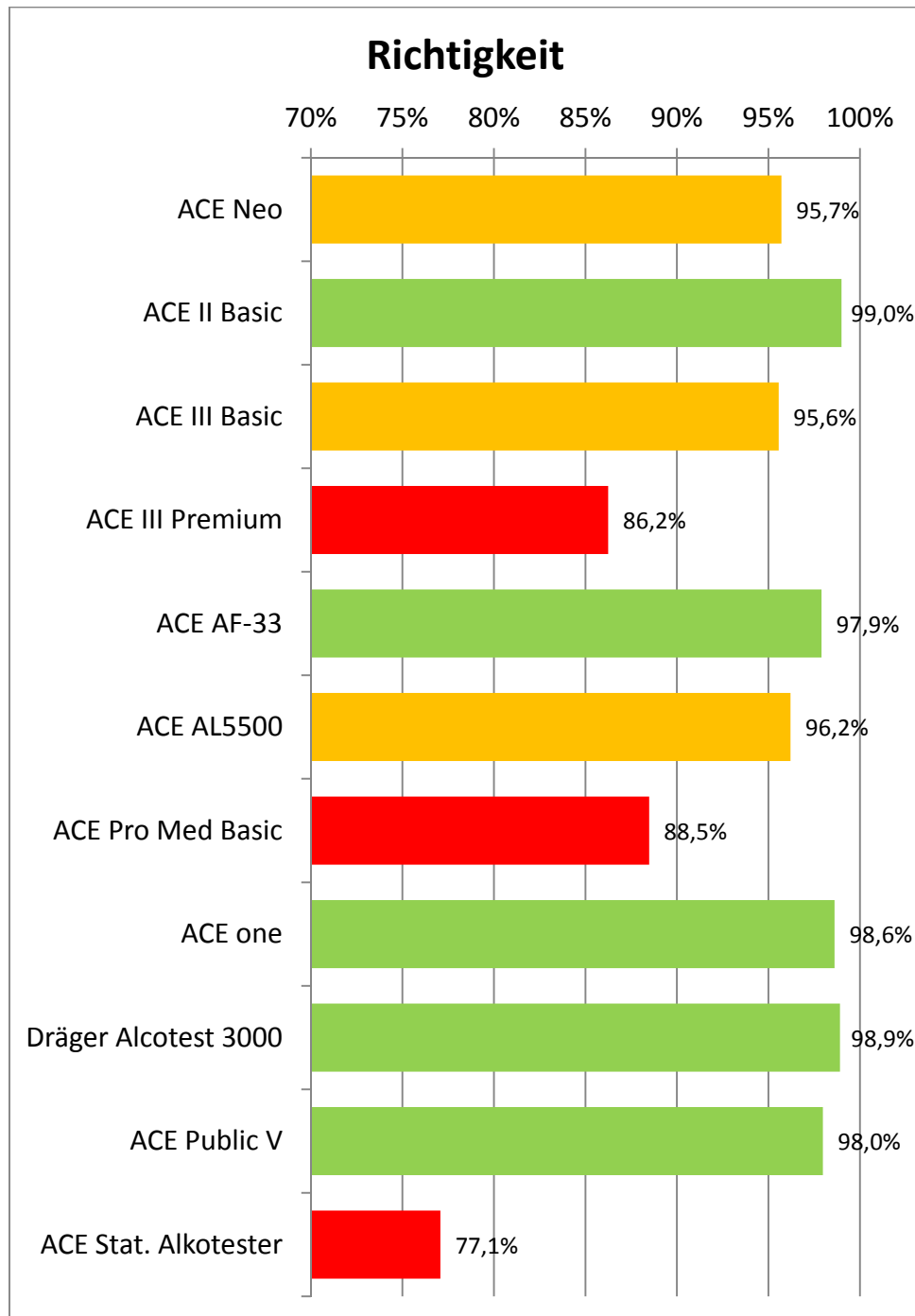


Abbildung 46: Zusammenfassung der mittleren Richtigkeit für jeden im Rahmen dieser Studie getesteten Atemalkohol-Messgeräte. **Grün:** Ausgezeichnet bis sehr gut; **orange:** sehr gut bis gut; **rot:** (relativ) gut bis befriedigend.

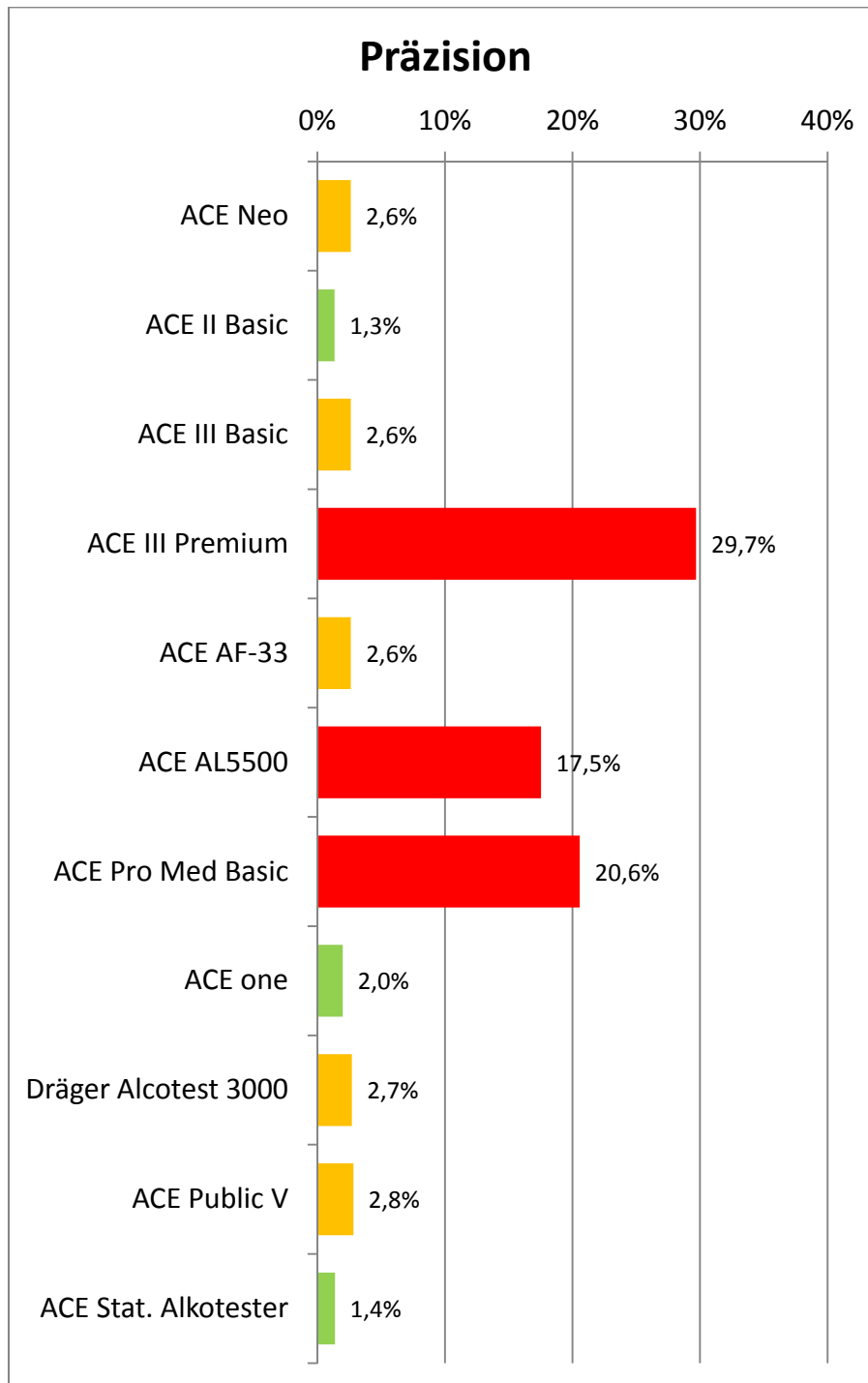


Abbildung 47: Zusammenfassung der mittleren Präzision (ausgedrückt durch den Mittelwert der individuellen Standardabweichungen) ermittelt aus den Messungen mit den verschiedenen Atemalkohol-Messgeräten dieser Studie. Die Farben bedeuten: **Grün:** Ausgezeichnet bis sehr gut; **orange:** sehr gut bis gut; **rot:** (relative) gut bis befriedigend.



6 Referenzen

-
- [1] Dräger: Background article: How can alcohol be measured in breath? (September 2012) Drägerwerk AG &Co. KGaA, Lübeck (4 pp.)
 - [2] G. Machata, The advantages of automated blood alcohol determination by head space analysis. *Zeitschrift für Rechtsmedizin*, **75(4)**, (1975) 229-234.
 - [3] Dräger: Measuring alcohol in the body. Evidential breath-alcohol analysis with the Alcotest® 7110 and Alcotest® 7110 Evidential. Drägerwerk AG &Co. KGaA, Lübeck.
 - [4] H. Ryser, Scientific principles of evidential breath-alcohol testing up-to-date technologies and procedures. *Road Traffic Safety Portal Site*. Disponible: junio.de (2013).
 - [5] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., *Breath alcohol test devices for general public – Requirements and test methods*, German version EN 16280:2012. Beuth Verlag, Berlin.
 - [6] OIML Recommendation R 126:2012 (E) *Evidential breath analyzers*. Organisation Internationale de Métrologie Légale / International Organisation of Legal Metrology (www.oiml.org)

© Erwin Rosenberg, Technische Universität Wien, Institut für Chemische Technologien und Analytik
Getreidemarkt 9/164 AC, Wien, Österreich.
Email: Erwin.Rosenberg@tuwien.ac.at

Die Vervielfältigung dieses Berichtes ist auszugsweise oder auch zur Gänze gestattet, vorausgesetzt dass die Quelle der Daten vollständig und korrekt zitiert wird:
E. Rosenberg, Untersuchung der Genauigkeit (= Richtigkeit und Präzision) ausgewählter Atemalkohol-Messgeräte ('Alkotester'), Bericht TUW CTA 2015/27DE, TU Wien (2015).

Eine elektronische Version dieses Berichtes ist verfügbar auf der Website:
www.alkomat.net

Ein kurzes Video über die Alkotester-Studie wurde auf YouTube veröffentlicht unter dem Link:
<https://youtu.be/unwCOBx6hc>