

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Institut für Rechtsmedizin des Universitätskrankenhauses Hamburg-Eppendorf

Prof. Dr. med. Klaus Püschel

Zur Wahrnehmbarkeit von Konzentrationsunterschieden verschiedener Alkohole in der Atemluft menschlicher Probanden

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin an der Medizinischen Fakultät der
Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Kristina Jansen
aus Wilhelmshaven

Hamburg 2019

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 20.03.2019

Veröffentlicht mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Jan Peter Sperhake

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: Prof. Dr. Peer Briken

Abkürzungsverzeichnis

- AAK = Atemalkoholkonzentration
- ADH = Alkoholdehydrogenase
- ALDH = Acetaldehyddehydrogenasen I & II
- BAK = Blutalkoholkonzentration
- BZ = Blutzucker
- CDT = Carbohydrat-defizientes Transferrin
- CRP = C-reaktives Protein
- Gew.-% = Gewicht-%
- γ GT = Gamma-Glutamyl-Transferase
- HNO = Hals-Nasen-Ohren-Abteilung
- MEOS = mikrosomale ethanoxidierende System des endoplasmatischen Retikulums
- Mixed Model Analyse = übersetzt „Analyse gemischter Modelle“
- NAD = Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid
- OERPs = olfactory event related potentials
- EOGs = electro-olfactogram
- TDI-Wert = „threshold-discrimination-identificaton“ - Wert
- UKE = Universitätsklinikum Eppendorf, Hamburg
- Vol.-% = Volumen-%

Glossar

- Alkane = chemische Stoffklasse, Bezeichnung für gesättigte Kohlenwasserstoffe, Beispiel siehe Abschnitt 1.2.1
- Alkanole = chemische Stoffklasse, Definition siehe Abschnitt 1.2.1, Synonym für Alkohole
- Alkohole = chemische Stoffklasse, Definition siehe Abschnitt 1.2.1
- „Alkoholfahne“ = umgangssprachliche Bezeichnung für alkoholischen Geruch der Ausatemluft
- BAK = Blutalkoholkonzentration
- BZ = Blutzucker, in dieser Studie zum Ausschluss einer Gesundheitsgefährdung durch Alkoholkonsum untersuchter Parameter
- CDT = Carbohydrat-defizientes Transferrin, in dieser Studie zum Ausschluss einer Gesundheitsgefährdung durch Alkoholkonsum untersuchter Parameter
- Compliance = Bereitschaft eines Patienten zur Zusammenarbeit mit dem Arzt bzw. zur Mitarbeit bei diagnostischen oder therapeutischen Maßnahmen [1]
- CRP = C-reaktives Protein, Entzündungsmarker, in dieser Studie zum Ausschluss einer Gesundheitsgefährdung durch Alkoholkonsum untersuchter Parameter
- Dipol = ein chemischer Stoff, der aufgrund seiner Bestandteile negative und positive (Teil-)ladungen hat
- Excel = Programm zur Tabellenkalkulation
- funktionelle Gruppe = charakteristische chemische Gruppe eines Stoffes, die spezielle charakteristische chemische Eigenschaften bedingt und dadurch eine Stoffgruppe als solche von anderen unterscheidbar macht
- Gew.-% = Gewicht-% = Alkohol auf das Körpergewicht bezogen, nährungsweise Vol.-% mit 0,8 multipliziert in g/ml [3]
- γ GT = Gamma-Glutamyl-Transferase, in dieser Studie zum Ausschluss einer Gesundheitsgefährdung durch Alkoholkonsum untersuchter Parameter
- Habituation = durch anhaltende Stimulation des Sinnesorgans mit einem gleichbleibenden Reiz (z.B. Duftstoff) oder durch Wiederholung desselben Reizes

nimmt die Reizantwort sowohl peripher als auch kortikal ab, genaueres siehe Abschnitt 4.4.

- hydrophil = gut löslich in Wasser
- hydrophob = schlecht löslich in Wasser
- Hydroxygruppe = Synonym für die OH-Gruppe in einer chemischen Verbindung
- Kleines Blutbild = in dieser Studie zum Ausschluss einer Gesundheitsgefährdung durch Alkoholkonsum untersuchte Parameter
- Leberwerte = in dieser Studie zum Ausschluss einer Gesundheitsgefährdung durch Alkoholkonsum untersuchte Parameter
- Lipide = Fette
- lipophil = gut löslich in lipidartigen Stoffen
- lipophob = schlecht löslich in lipidartigen Stoffen
- Methanol = CH_3OH , in dieser Studie zum Ausschluss einer Gesundheitsgefährdung durch Alkoholkonsum untersuchter Parameter
- Mixed Model Analyse = übersetzt „Analyse gemischter Modelle“, Definition siehe 2.14.1.1.
- NAD = Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid, Koenzym bei biochemischen Reaktionen
- Nüchternkontrolle = Testwerte bei 0,0 ‰ als Kontrollwert zur Abgrenzung von nüchternen zu alkoholisierten Probanden
- OERPs = olfactory event related potentials, d.h. eventbezogene Ableitungen der olfaktorischen Potentiale, abgeleitet vom Schädel
- EOGs = electro-olfactogram, d.h. elektronisches Olfaktogram, abgeleitet vom olfaktorischen Bulbus
- Probanden = Personen, die als Testpersonen am Experiment teilnehmen, in diesem Fall in Gruppe der Rater (testende Probanden) sowie Gruppe der trinkenden Probanden (getestete Probanden) unterteilt
- Profession = hier als Oberbegriff in SPSS für die Unterscheidung der Gruppen „Experten vs. Laien“ gewählt
- Randomisierung = Zuteilung der Probanden durch Losverfahren; Verfahren um Einflüsse durch die Zuteilung auf die Ergebnisse zu vermeiden

- Rater = englische Bezeichnung für Schätzer, d.h. die Personen, die in diesem Fall den Alkoholgeruch einschätzen
- SPSS = Programm zur statistischen Auswertung
- TDI-Wert = „threshold-discrimination-identificaton“ – Wert, d.h. Schwellenwert-Diskrimination-Identifikation” – eine Zusammenfassung der Kriterien zur Beurteilung der olfaktorischen Funktion
- „trinkende Probanden“ = Probanden, die für das Experiment durch Trinken von ausgewählten alkoholischen Getränken vordefinierte Promillewerte erreichen, die im Rahmen des Experiments durch die Rater anhand der Alkoholfahne eingeschätzt werden
- Vol.-% = Volumen-% = Liter reiner Alkohol in 100 l Getränk bei 15 °C[3]
- Widmarkformel = Formel zur Errechnung von Alkoholkonzentrationen, siehe Abschnitt 1.2.1.1.

1. de Gruyter W (2004) Pschyrembel®. Klinisches Wörterbuch. Berlin
2. Horn F, Moc I, Schneider N, Grillhösl C, Berghold S, Lindenmeier G (2005) Biochemie des Menschen. Das Lehrbuch für das Medizinstudium. Georg Thieme Verlag Stuttgart New York
3. Madea B, Brinkmann B (2003) Handbuch gerichtliche Medizin 2. Springer Berlin Heidelberg New York
4. Zeeck A, Grond S, Papastavrou I, Zeeck SC (2014) Chemie für Mediziner. Urban & Fischer München

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	S. 1
1.1. Die Alkoholfahne	S. 1
1.2. Grundlagen	S. 3
1.2.1. Alkohole	S. 3
1.2.1.1. Ethanol	S. 4
1.2.1.2. Begleitstoffe	S. 8
1.2.1.3. Alkoholische Getränke	S. 10
1.2.1.4. Messmethoden Alkoholkonzentration	S. 12
1.2.1.5. Verkehrs- & Strafrecht	S. 15
1.2.2. Olfaktorische Funktion	S. 17
1.3. Ausgangslage und Ziel der Arbeit	S. 19
2. Material und Methoden	S. 21
2.1. Grober Versuchsaufbau	S. 21
2.2. Zu untersuchende Parameter	S. 21
2.2.1. Untersuchte Getränke	S. 21
2.2.2. Untersuchte Promillewerte	S. 21
2.3. Verwendete Messmethoden	S. 21
2.4. Studienteilnehmer – Anzahl	S. 22
2.5. Räumlichkeiten	S. 23
2.6. Grundvoraussetzungen	S. 23
2.6.1. Grundvoraussetzungen für das Experiment im Allgemeinen	S. 23
2.6.2. Grundvoraussetzungen für trinkende Probanden	S. 23
2.6.3. Grundvoraussetzungen für Rater	S. 24
2.6.4. Aufsichtspersonen	S. 24
2.6.5. Zuvor durchgeführte Voruntersuchung	S. 24
2.7. Vergleichene Gruppen	S. 25
2.8. Fragebogen	S. 25
2.9. Erreichen der Promillewerte mit den jeweiligen Getränken	S. 26
2.10. Versuchsaufbau vor Ort	S. 27

2.11.	Randomisierung	S. 27
2.12.	Zeitlicher Ablauf am Versuchstag	S. 28
2.13.	Versuchsdurchführung	S. 28
2.13.1.	Vorkehrungen vor dem eigentlichen Experiment	S. 28
2.13.2.	Tag des Experiments	S. 29
2.14.	Versuchsauswertung	S. 31
2.14.1.	Auswertung SPSS	S. 31
2.14.1.1.	Definition Mixed Model Analyse	S. 31
2.14.1.2.	Definition Prognosefehler	S. 32
2.14.2.	Auswertung der Fragebögen	S. 32
3.	Ergebnisse	S. 33
3.1.	Vergleich Einschätzung der Getränke anhand der Promillewerte mit Excel	S. 33
3.1.1.	0,0 ‰	S. 33
3.1.1.1.	Kontrolle 1	S. 33
3.1.1.2.	Kontrolle 2	S. 34
3.1.1.3.	Kontrolle 3	S. 34
3.1.1.4.	Kontrollen - Zusammenfassung	S. 35
3.1.2.	0,3 ‰	S. 35
3.1.2.1.	Wodka	S. 36
3.1.2.2.	Wein	S. 36
3.1.2.3.	Bier	S. 37
3.1.3.	0,5 ‰	S. 37
3.1.3.1.	Wodka	S. 38
3.1.3.2.	Wein	S. 38
3.1.3.3.	Bier	S. 39
3.1.4.	0,8 ‰	S. 39
3.1.4.1.	Wodka	S. 40
3.1.4.2.	Wein	S. 40
3.1.4.3.	Bier	S. 41
3.1.5.	1,1 ‰	S. 41
3.1.5.1.	Wodka	S. 42

3.1.5.2. Wein	S. 42
3.1.5.3. Bier	S. 43
3.1.6. Tabelle: falsch positive u. falsch negative Raterangaben	S. 43
3.2. SPSS – Mixed Model Analyse	S. 44
3.2.1. Grafik Schätzungszuverlässigkeit der Gruppen	S. 44
3.2.2. Effekte-Tabellen	S. 45
3.2.2.1. Interaktionen der Effekte	S. 45
3.2.2.2. Einschätzung des AAK-Anstiegs	S. 46
3.2.2.3. Vergleichsuntersuchungen	S. 47
3.2.2.3.1. Vergleich der Ratergruppen – Unterschiede innerhalb der Gruppen Laien/Experten	S. 47
3.2.2.3.2. Vergleich der Ratergruppen – Unterschiede innerhalb der Gruppen Männlich/Weiblich	S. 48
3.2.2.3.3. Vergleich der Getränkeklassen	S. 49
3.2.2.3.4. Vergleichsuntersuchungen – grafische Zusammenfassung	S. 50
3.2.3. Prognosefehleranalyse	S. 50
3.2.3.1. Variabilität der einzelnen Rater	S. 50
3.3. Auswertung der Fragebögen	S. 51
4. Diskussion	S. 52
4.1. Studienergebnisse im Kontext	S. 52
4.2. Einschätzung Alkoholfahne – Relevanz	S. 53
4.3. Individuelles Riechvermögen	S. 57
4.4. Trainierbarkeit vs. Habituation	S. 61
4.5. Einschätzung der verschiedenen Getränke	S. 75
4.6. Schlussfolgerung	S. 90
5. Zusammenfassung	S. 92
6. Summary	S. 93
7. Literaturverzeichnis	S. 95
8. Anhang	S. 99
8.1. Anhang 1 – Übersicht Begleitstoffe der verschiedenen Getränke im Atemalkohol 9 Minuten nach Ausspülen des Mundes	S. 99

8.2. Anhang 2 – wichtige Begleitstoffe der verschiedenen Getränkeklassen	S. 100
8.3. Anhang 3 – verwendete Getränke	S. 101
8.4. Anhang 4 – Foto AAK-Gerät Alcotest 6510 von Dräger	S. 103
8.5. Anhang 5 – Grafik Versuchsaufbau, Raumverteilung	S. 104
8.6. Anhang 6 – Grafik Vorhangskonstruktion	S. 105
8.7. Anhang 7 – Vorhangskonstruktion, Fotos vom Versuchstag	S. 106
8.8. Anhang 8 – Votum der Ethikkommission	S. 107
8.9. Anhang 9 – Vordruck Einwilligungserklärung	S. 108
8.10. Anhang 10 – Riechtest HNO	S. 117
8.11. Anhang 11 – Fragebogen	S. 118
8.12. Anhang 12 – Beispiel „Alkoholfahrplan“ für trinkende Probanden	S. 119
8.13. Anhang 13 – Auswertungsbogen	S. 120
8.14. Anhang 14 – Tabelle 7	S. 120
8.15. Anhang 15 – Tabelle 8	S. 121
8.16. Anhang 16 – Tabelle 9	S. 122
8.17. Anhang 17 – Tabelle 10	S. 122
8.18. Anhang 18 – Tabelle 11	S. 123
9. Artikel in Blutalkohol	S. 124
10. Danksagung	S. 136
11. Lebenslauf	S. 137
12. Eidesstattliche Versicherung	S. 138

1. Einleitung

Diese Dissertation beschäftigt sich mit der Frage nach der Wahrnehmbarkeit von Konzentrationsunterschieden verschiedener Alkohole in der Ausatemluft menschlicher Probanden.

1.1. Die Alkoholfahne

Die „Alkoholfahne“ ist der umgangssprachliche und weit gebräuchliche Ausdruck für den alkoholischen Geruch der Ausatemluft, lateinisch als Foetor alcoholicus bezeichnet. Folgend wird der Begriff „Alkoholfahne“ zur Vereinfachung des Leseflusses verwendet.

Die Alkoholfahne entsteht nach Alkoholkonsum, dessen Verstoffwechslung und anschließender Abatmung über die Lunge. Wir nehmen sie über unser Riechorgan wahr, das seine Informationen an unser Gehirn weiterleitet.

Wohl jedem ist der aromatische Geruch schon einmal in die Nase gestiegen, der entsteht, wenn der Gegenübersitzende Alkohol konsumiert hat und mit einem spricht oder einen gar anhaucht. So haben sich vermutlich die meisten auch bereits mit der Frage beschäftigt - sei es nun bewusst oder unbewusst - ob es anhand der Alkoholfahne möglich ist die bereits getrunkene Menge an Alkohol abzuschätzen.

Auch wenn in der Literatur hierzu bisher kaum aussagekräftige, durch Experimente belegte Tatsachen zu finden sind, gibt es doch zumindest diverse subjektive Einschätzung zu dieser Frage. So hört man, dass es durchaus riechbar sein soll, ob jemand schon viel getrunken oder erst damit angefangen hat. Zudem soll Bier viel stärker und bei viel geringerem Konsum eine Alkoholfahne erzeugen, während z.B. der hochprozentigere Wodka angeblich weniger durch die Fahne als durch zunehmende z.B. sprachliche Ausfallerscheinungen – das allseits bekannte „Lallen“ – in Erscheinung tritt. Andere Stimmen behaupten das genaue Gegenteil.

Die Alkoholfahne ist dabei kein reines „Partyphänomen“, sondern auch im restlichen Alltag, so z.B. im Restaurant oder auf der Straße anzutreffen.

Wir haben immer wieder mit mehr oder weniger alkoholisierten Menschen und der sie dann teilweise umgebenden Alkoholfahne zu tun und bilden uns eine Meinung über den damit verbundenen Alkoholisierungsgrad.

Gerade auch im *medizinischen Alltag* begegnen wir der Alkoholfahne immer wieder, sei es z.B. in der Ausnüchterungszelle beim kalten Entzug oder in der Psychiatrie beim qualifizierten Entzug. Auch in der Notaufnahme sind beispielsweise regelmäßig angeheiterte Partygäste, deren Platzwunden genäht werden müssen, anzutreffen. Selbst wenn der Alkoholkonsum nicht ursächlich für die Konsultation des Arztes ist, kann er als Nebenbefund, so z.B. bei einer Routineuntersuchung in der Allgemeinarztpraxis oder durch einen unfreiwilligen Entzug bei einem längeren Krankenhausaufenthalt auffallen.

In all diesen Bereichen lassen wir uns von der Alkoholfahne lenken. Der Alkoholgeruch ist ein Warnzeichen, das uns dazu bringt, Symptome anders einzuordnen, Therapien anders zu gestalten und Risiken, wie z.B. ein erhöhtes Narkoserisiko für eine bevorstehende OP, zu erkennen.

Im *rechtsmedizinischen Alltag* und im *Strafrecht* sowie vor allem auch im *Verkehrsrecht* spielt der Alkoholgeruch ebenfalls immer wieder eine wichtige Rolle. So fällt bei Sektionen häufig ein Alkoholgeruch auf, der dann bei daraufhin durchgeführter Untersuchung der Körperflüssigkeiten (insb. Blut, Urin) zu einem positiven Alkoholtest mit Promillewerten führt, die mit dem Geruchseindruck der Rechtsmediziner in Einklang zu bringen sind. Auch beim mobilen Blutentnahmedienst wurde ein Zusammenhang zwischen der Stärke der Wahrnehmung einer Alkoholfahne während der Blutentnahme und den später erhaltenen BAK-Werten empfunden. Gerade vor Gericht stellt sich im Straf- aber auch vor allem im Verkehrsrecht zudem immer wieder die Frage nach der tatsächlichen Alkoholisierung bei nicht vorhandenen AAK- und BAK-Werten. Neben beobachtetem Alkoholkonsum und Ausfallerscheinungen z.B. beim Gehen oder Sprechen kommt bei Zeugenaussagen auch immer wieder die Wahrnehmung einer „ordentlichen Fahne“ zur Sprache.

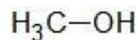
1.2. Grundlagen

1.2.1. Alkohole

Gesättigte Kohlenwasserstoffe bezeichnet man als Alkane. Alkohole, auch als Alkanole bezeichnet, sind Alkane bei denen zumindest ein H-Atom durch eine OH-Gruppe (=Hydroxygruppe) ersetzt wurde [80].

Alkan [66]

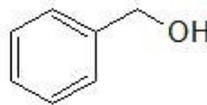
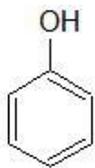
Alkohol (Alkanol) [66]



Entscheidend für die Zugehörigkeit zur Gruppe der Alkohole ist die Bindung einer Hydroxygruppe an ein C-Atom einer Kohlenstoffkette. Hierbei kann der am mit der OH-Gruppe versehenen C-Atom gebundene Rest unterschiedliche Formen aufweisen, so kann er auch Teil eines Ringsystems sein [80]. Lediglich bei direkt an ein aromatisches Ringsystem gebundener Hydroxygruppe, wie es beim Phenol der Fall ist, zählt das Molekül aufgrund von anderen chemischen Eigenschaften nicht zu den Alkoholen [66, 80].

Phenol (kein Alkohol) [66]

Benzylalkohol (= Alkohol) [66]



Die Einteilung von Alkoholen geschieht einerseits anhand der Anzahl ihrer Hydroxygruppen (ein-, zwei, drei- und mehrwertige Alkohole) [66, 80] als auch anhand dessen wie viele Bindungsstellen des an die OH-Gruppe gebundenen C-Atoms mit Kohlenstoffresten statt Wasserstoffatomen (H-) besetzt sind (primäre, sekundäre und tertiäre Alkohole) [66].

Alkohole mit bis zu 10 Atomen sind bei Raumtemperatur flüssig und haben eine geringere Dichte als Wasser [80].

Die funktionelle Gruppe der Alkohole, die Hydroxygruppe, sorgt durch die zwei freien Elektronenpaare des O-Atoms für einen Dipolcharakter des Moleküls [80]. Bei kurzer C-Atom-Kette überwiegt die Wirkung der OH-Gruppe des Alkohols, es werden Wasserstoffbrückenbindungen zu Wassermolekülen ausgebildet was eine gute Löslichkeit in Wasser, d.h. hydrophile/lipophobe Eigenschaften des Alkohols, zur Folge hat [80]. Je länger

die C-Atom-Kette des Alkohols ist desto stärker verschiebt sich das Lösungsverhalten in Richtung hydrophob/lipophil, d.h. schlecht löslich in Wasser, dafür gut löslich in Lipiden [80]. So sind Methanol und Ethanol hydrophil/lipophob, während sich Butanol nur begrenzt in Wasser löst [80]. Die Wasserstoffbrückenverbindungen werden nicht nur zwischen Alkohol- und Wassermolekülen sondern auch zwischen den Alkoholmolekülen ausgebildet, wodurch sich die Alkoholmoleküle zu höhermolekularen Assoziaten zusammenlagern [80]. Hierdurch wird mehr Energie als bei Alkanen vergleichbarer Molmasse benötigt um die Verbindungen zu trennen, Alkohole haben somit höhere Siedepunkte als vergleichbare Alkane [80].

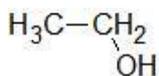
1.2.1.1. Ethanol

Ethanol ist der Hauptbestandteil aller alkoholischen Getränke. Seine Konzentration dient zur Einteilung der alkoholischen Getränke in verschiedene Getränkeklassen.

Wie bei vielen Stoffen kommt es auch beim Ethanol auf die Dosierung an, diese geht von Genussmittel über Rauschmittel bis zur Wirkung als Gift [66, 73]. Ethanol greift einerseits stark in den Metabolismus und die Funktion nahezu aller Neurotransmitter ein und wirkt zudem zellschädigend insbesondere auf Gehirn und Leber [73]. Die Giftwirkung kann eine akute (Schädigung durch übermäßigen punktuellen Konsum) oder chronische (stetige schädigende Einwirkung von Alkohol über einen langen Zeitraum) sein. *Akut* kann Ethanol im Äußersten u.a. zu Koma, Atemstillstand oder Herzversagen und damit letztlich zum Tod führen [66, 73]. Auch wenn in Büchern teilweise von einer letalen Ethanolkonzentration von ca. 4 ‰ (4 mg/mL im Blut) [80] ausgegangen wird, ist die letale Ethanolkonzentration individuell sehr unterschiedlich [66] und abhängig von Vorerkrankungen, individueller Toleranzentwicklung sowie der Kombination mit anderen potenziell toxischen Substanzen. Bei *geringeren Konsummengen* werden u.a. die Sehfähigkeit, das Hörvermögen insbesondere von Sprache, der Geruchssinn sowie die motorischen Reflexe wie auch die Sprachfähigkeit beeinträchtigt [73]. Konsumenten werden zudem zunehmend euphorischer und enthemmter und damit risikofreudiger [73]. Gedächtnisfunktion und kognitive Fähigkeiten sind wie die Einschätzungsfähigkeiten ebenfalls vermindert, besonders eigene Fähigkeiten werden überschätzt [73]. *Chronisch* führt Ethanol u.a. zu Hirnatrophie sowie zu einer chronischen Schädigung der Leber (u.a. über Leberzirrhose zu Ösophagusvarizenblutungen, Leberkarzinomen oder Leberversagen) [73]. Teilweise sind Schäden bis zu einem gewissen

Grad bei Konsumstopp und Behandlung reversibel (z.B. die Hirnschäden) [73]. Letztlich führen die chronischen Schädigungen jedoch bei anhaltendem Konsum über die Zeit ebenfalls zum Tod. Bezüglich Organschäden und der Gefahr einer Abhängigkeitsentwicklung spricht man bei einer täglichen Trinkmenge von 30-60g Alkohol bei Männern bzw. 20-40 g Alkohol bei Frauen von einem problematischen Konsum, bei 60-120 g (Männer) bzw. 40-80 g (Frauen) von einem schädlichen Konsum und bei mehr als 120 g (Männer) bzw. 80 g (Frauen) von einer Hochrisikogruppe [73].

Chemisch gesehen ist Ethanol ein einwertiger Alkohol. Aufgrund der für Alkohole funktionellen OH-Gruppe und der bei Ethanol kurzen C-Atom-Kette überwiegt der hydrophile Charakter, Ethanol ist somit gut löslich in Wasser [80].



Ethanol ist eine farblose, brennend schmeckende und leicht entzündliche Flüssigkeit, die unter Energieabgabe mit bläulicher Flamme zu Kohlendioxid und Wasser verbrennt [66]. Der Schmelzpunkt liegt bei $-114,4\text{ °C}$, die Dichte beträgt bei 15 °C $0,78894\text{ g/cm}^3$ [66]. Reines Ethanol hat einen Siedepunkt von $78,3\text{ °C}$ [80]. Unter Erwärmung tritt eine Volumenkontraktion ein, die die Umrechnung von Vol.-% (Liter reiner Alkohol in 100 l Getränk bei 15 °C) in Gramm Ethanol erschwert [66]. Nahrungsweise erhält man Gew.-% durch Multiplikation der Vol.-% mit 0,8, wobei die Einheit dann g/ml ist [66]. Damit entsprechen 10 Vol.-% bspw. 8 g/100 ml.

Ethanol wird durch *alkoholische Gärung*, *Destillation* oder auch *synthetisch* hergestellt [66]. Die synthetische Herstellung von Ethanol spielt für die Erstellung von alkoholischen Getränken jedoch keine Rolle, sondern wird bei der Verwendung für technische Zwecke genutzt.

Durch *alkoholische Gärung* wird Ethanol für die Herstellung von u.a. Bieren und Weinen gewonnen. Hierbei entsteht über mehrere Schritte aus Glucose (aus Getreide, meist Gerste, Herstellung von Bier [21]) bzw. Fructose (aus den Weintrauben, Herstellung von Weinen [21]) Ethanol [63].

Durch *Destillation* wird Ethanol höherer Konzentrationen für die Herstellung von u.a. Edelbranntweinen, Wodka und Whisky aus Alkoholen mit geringerem Ethanolgehalt gewonnen [21]. Die folgenden Ausführungen zum Ablauf der Destillation beruhen, wenn nicht anders aufgeführt, auf den Informationen aus den Schriften von Madea u. Brinkmann [66] sowie Bonte [21]. Bis heute werden traditionell Kupferkessel (sog. Brennblasen) verwendet. Alkoholhaltige vergorene Flüssigkeiten werden darin erhitzt wobei bei den unterschiedlichen Temperaturen verschiedene Stoffe herausgefiltert werden. Als erstes verdampfen die hochgradig flüchtigen Stoffe (z.B. Acetaldehyd, Methanol und kurzkettige Ester) und werden im sogenannten *Vorlauf* abgefangen. Als nächstes verdampft Ethanol und wird im *Hauptlauf* kondensiert. Die Stoffe mit höherem Siedepunkt werden danach im *Nachlauf* abgefangen. Die Sorgfältigkeit der Phasentrennung hat einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität der Getränke und wird bis heute durch Geschmackstests überprüft. Die Erfahrung des Brennmeisters hat demnach einen starken Einfluss auf die Qualität des Endproduktes. Im Hauptlauf befinden sich jedoch immer auch geringe Mengen des Vor- und Nachlaufs, diese können erst durch wiederholte Redestillation fast vollständig eliminiert werden. Hierbei werden zunehmend höhere Vol.-% Werte erreicht. Für die industrielle Herstellung von klaren Schnäpsen wie u.a. Wodka wird dies durch kontinuierlich arbeitende Kolonnenapparate erreicht (Verfahren der Rektifikation). Für den spezifischen Geschmack von Edelbranntweinen ist die fast vollständige Ausfilterung von Vor- und Nachlauf jedoch nicht sinnvoll, da die Begleitalkohole den Geschmack ausmachen.

Die folgenden Informationen bezüglich der Verstoffwechslung von Ethanol beruhen auf den Ausführungen aus Madea u. Brinkmann [66]. Ethanol wird zum größten Teil verstoffwechselt, nur maximal 7,5 % werden eliminiert.

Nach dem Konsum wird Alkohol bereits in Mund und Ösophagus, jedoch nur in minimaler Menge, resorbiert. 20 % des Alkohols werden im Magen resorbiert, der Hauptresorptionsort ist jedoch der Dünndarm. Die Resorption ist ein reiner Diffusionsvorgang und abhängig von Ethanolgehalt, Menge des Getränks, Füllzustand des Magens sowie des Dünndarms, Magen-Darm-Motilität sowie Schleimhautdurchblutung. Auf nüchternen Magen getrunken wird Alkohol spätestens nach 30 bis 60 Minuten resorbiert, bei hochkonzentrierten Getränken geringerer Menge kann die Resorption auch bereits nach 10 Minuten abgeschlossen sein. Eine Verzögerung der Resorption kann u.a. bei Magenentleerungsstörungen, reichlicher

Nahrungsaufnahme, größerer Menge gering konzentrierter Getränke sowie einen z.B. durch schnelle C₂- Aufnahme ausgelösten Pylorusspasmus auftreten. Je langsamer die Resorption abläuft desto höher ist der Resorptionsverlust, dabei ergibt sich beispielsweise bei leerem Magen und geringer Trinkmenge ein Resorptionsverlust von 10 %, bei vollem Magen und großer Trinkmenge ein Verlust von > 30 %. Dabei ist die Verweildauer von fettreicher Nahrung am längsten und die von kohlenhydratreicher Nahrung am kürzesten, eiweißreiche Nahrung liegt zeitlich dazwischen.

Das Ethanol wandert *nach Resorption* über die Pfortader zur Leber, dann über die untere Hohlvene zum rechten Herzen und von dort zu den Lungen, die das hochkonzentriert alkoholische Blut noch vor Gehirn und allen anderen Organen erhalten. In den Lungen diffundiert das Ethanol ins Lungengewebe und wird letztlich über die Atemluft abgegeben. Aufgrund dessen ist in der Resorptionsphase die AAK höher als die BAK (= „First-Pass-Effekt“).

Zeitlich etwas später in der *Anflutungsphase* erreicht das Ethanol das Gehirn, jedoch noch deutlich vor den anderen Organen, da es besser als diese durchblutet wird. Hierdurch sind Ausfallerscheinungen bei gleicher BAK in der Anflutungsphase deutlich stärker ausgeprägt als in der Eliminationsphase.

In der *Eliminationsphase* wird das Ethanol hauptsächlich durch die zytosolische Alkoholdehydrogenase (= ADH) der Leber, aber auch durch das MEOS (= mikrosomale ethanoloxidierende System des endoplasmatischen Retikulums) sowie zu einem sehr geringen Teil durch Katalasen in Peroxisomen umgewandelt, Acetaldehyd entsteht. Dieses wird durch Acetaldehyddehydrogenasen (= ALDH I & II) weiter zu Acetat und letztlich zu CO₂ und H₂O oxidiert [73]. ADH ist dabei ab 0,1 ‰ halb, ab 0,5 ‰ vollständig gesättigt, was die Eliminationszeit beeinflusst. Das MEOS ist bei Alkoholikern stärker an der Elimination beteiligt als normalerweise, da es im Gegensatz zur ADH durch höheres Substratangebot stimulierbar ist.

Zudem wird ein sehr geringer Teil mittels UDP-Glucuronyl-Transferase glucuronidiert und ausgeschieden (0,04 % des Ethanols).

Trotz starker Nierendurchblutung zeigt sich ein im Vergleich zum Blut verzögerter Anstieg des Ethanolgehalt. Der zuvor produzierte Urin in der Blase ist während der Resorptionsphase

erst noch frei von Ethanol. In der Eliminationsphase hingegen ist die Konzentration höher als die BAK.

Insgesamt betrachtet werden 0,5-2,0 % Ethanol über den Urin, < 0,5 % über Schweiß und 0,5-5,0 % über die Atemluft – abhängig von der BAK – ausgeschieden, der Rest wird verstoffwechselt. Das Verteilungsverhältnis von AAK zu BAK ist letztlich etwa 1:2100.

Mit Hilfe der *Widmarkformel* kann mittels Blutkonzentration und Körpergewicht auf den Alkoholisierungsgrad von weiblichen sowie männlichen Personen (unterschiedliche Verteilung im Körper, daher unterschiedliche Reduktionsfaktoren in der Gleichung) rückgeschlossen werden [66].

$$a = c \times p \times r$$

a = Alkohol im Körper

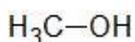
c = Blutkonzentration

p = Körpergewicht

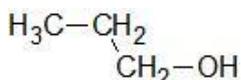
r = Reduktionsfaktor für Frauen (0,6) bzw. Männer (0,7)

1.2.1.2. Begleitstoffe

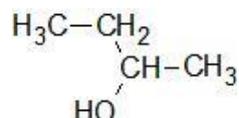
Methanol (=Methylalkohol, einwertiger Alkohol) [66]



1-Propanol (primärer Alkohol) [66]



2-Butanol (sekundärer Alkohol) [66]



Begleitalkohole, teilweise auch Fuselalkohole oder „congeners“ genannt, prägen neben dem Ethanol die Zusammensetzung alkoholischer Getränke [21]. Sie haben einen entscheidenden Einfluss auf den Geschmack und Geruch eines alkoholischen Getränkes und stehen im Verdacht entscheidend am sogenannten „Kater danach“ beteiligt zu sein [21, 73]. Zu den wichtigsten, bisher nachgewiesenen und zur Begleitstoffanalyse mittlerweile regelhaft verwendeten, Begleitstoffen gehören Methanol, Propanol-1, Butanol-2, Isobutanol, Butanol-1, 2-Methylbutanol-1 sowie 3-Methylbutanol-1. Ihre Toxizität steigt mit der Länge der C-Kette an, im Verhältnis zu Ethanol liegt die Toxizität der meisten Begleitalkohole höher [21].

Einige der wichtigen Begleitalkohole sind ein Nebenprodukt der alkoholischen Gärung und entstehen aus den Aminosäuren Leucin, Isoleucin und Valin oder aus Intermediärprodukten ihrer Synthese [21]. Glucose ist für diese Synthese in Hefezellen essentiell. Aus Valin entsteht z.B. Isobutanol [21]. Methanol ist hingegen kein Nebenprodukt der alkoholischen Gärung sondern entsteht aus dem in Fruchtschalen enthaltenen Pektin und ist daher auch in Fruchtsäften vorhanden [21]. Es kann auch aus Dimethylester der Kohlensäure (in Limonade z.B.) entstehen. Butanol-2 ist u.a. ein bakterielles Stoffwechselprodukt, sehr hohe Konzentrationen sprechen für eine „infizierte Gärung“, d.h. einen bakteriellen Befall, der u.a. zu verdorbenem Wein führt. Butanol-2 kommt fast nur in Obstbranntweinen in höheren Konzentrationen vor. Höhere Methanolwerte im Blut als durch die konsumierten Getränke erwartet treten u.a. bei Alkoholikern (Methanol wird durch ständiges Vorhandensein von Ethanol nicht vollständig abgebaut) oder Konsum von verpunchten bzw. fehlerhaft destillierten Getränken auf [21].

Neben Begleitalkoholen befinden sich auch u.a. Carbonylverbindungen (z.B. Acetaldehyd = Intermediärprodukt der alkoholischen Hauptgärung), Carbonsäuren (z.B. Ameisensäure) sowie Ester (entstehen aus Carbonsäuren und Alkoholen; z.B. Fruchtester) in alkoholischen Getränken.

Die *Resorption* der Begleitstoffe erfolgt schnell, teilweise direkt, spätestens bis 30 Minuten nach Trinkende [21].

Für die *Eliminierung* von Begleitalkoholen wird eine Exponentialfunktion bei Vorhandensein von Ethanol angenommen [21].

Die meisten Begleitstoffe werden über dieselben Wege *verstoffwechselt* wie Ethanol, d.h. über ADH, MEOS und Katalasen, es entstehen Aldehyde (aus primären Alkoholen) sowie Ketone (aus sekundären Alkoholen) [21]. Die Aldehyde werden mittels ADH zu Carbonsäuren oxidiert [21]. Aus den Ketonen entsteht über Aceton letztlich Formiat und Acetat. Einige der Wege führen zudem über diverse Zwischenschritte letztlich über Propionsäure zu Succinat und den Zitronensäurestoffwechsel [21]. All diese Metabolite befinden sich ebenfalls im Blut [21]. Die Detoxikation mittels Glucuronidierung spielt bei den Begleitalkoholen teilweise eine wichtige Rolle [21]. Während primäre und sekundäre Alkohole nur zu einem geringen Teil glucuronidiert werden, wird Isobutanol überwiegend und 2- und 3-Methylbutanol-1 fast ausschließlich in glucuronidierter Form eliminiert und liegen in dieser Form auch im Blut vor [21]. Über den Urin wird ein Teil der Begleitstoffe

wieder ausgeschieden, bei den meisten gibt es unterschiedliche Angaben zwischen 1-13 %, bei den glucoronidierten 20 % bis 100 % [21].

Begleitstoffe werden auch über den Atem abgegeben. In Studien mit Ratten zeigte sich teilweise eine *Abatmung* von 15 % von Propanol-2 [21, 66]. Die experimentell untersuchte Abgabe über die Atemluft wird bei Methanol teilweise mit 50-60 % angegeben, andere Studien zeigten Werte von 15 % [21]. Metaboliten werden ebenfalls teilweise über den Atem abgegeben, z.B. wird Aceton bei Konsum von Propanol-2 abgeatmet [21]. Laut Sprung et al. [74] wurden die Aldehyde und Ketone der Fuselalkohole in der Atemluft in deutlich höherer Konzentration wiedergefunden als die entsprechenden Alkohole, die Metabolitausscheidung nahm dabei deutlich während der ersten 2 Stunden nach Trinkende zu. Eine Übersicht einer Atemanalyse von Sprung et al. [74] befindet sich im Anhang (siehe Anhang 1).

Eine tabellarische Zusammenfassung der Mengenangaben von den eingangs erwähnten wichtigen Begleitstoffen in verschiedenen Getränkeklassen von Bonte befindet sich im Anhang (siehe Anhang 2)

1.2.1.3. Alkoholische Getränke

Alkoholische Getränke bestehen aus Ethanol sowie unterschiedlichen Begleitalkoholen. Die unzähligen verschiedenen sich auf dem Markt befindlichen alkoholischen Getränke haben genauso unzählige verschiedene Zusammensetzungen. Hierbei ist Ethanol in unterschiedlich hohen Konzentrationen mit verschiedenen Begleitalkoholen, die sich ebenfalls in den Konzentrationen unterscheiden, vermischt. Trotz der großen Vielfalt der Zusammensetzungen kann man eine eindeutige Tendenz innerhalb der verschiedenen alkoholischen Getränkeklassen erkennen. So ist der deutlichste Zuteilungsfaktor die Konzentration von Ethanol. Aber auch im Begleitstoffprofil unterscheiden sich die Getränkeklassen erkennbar (siehe Anhang 1). Grob gesehen kann man alkoholische Getränke in Biere, Weine sowie Spirituosen einteilen [19-22]. Es gibt noch diverse Unterklassen wie z.B. bei Wein Schaumweine sowie bei den Spirituosen z.B. Wodka. Im Folgenden wird der Übersichtlichkeit halber nur auf die in dieser Dissertation untersuchten Getränke Bier, Wein und Wodka genauer eingegangen.

Bier hat einen Alkoholgehalt von 2,2-9,4 g / 100 ml Gew./Vol.-% [20] und entsteht durch alkoholische Gärung (siehe Abschnitt 1.2.1.1.) [21]. Bier wird in *untergäriges* und

obergäriges Bier unterteilt. Der Ethanolgehalt von *untergärigem Bier* (v.a. Lager-, Export und Pilsbiere) liegt meist zwischen 4 und 6 Vol.-%, es wird im deutschsprachigen Raum meist noch nach dem Reinheitsgebot von 1516 nur aus Gerste, Hopfen, Hefe und Wasser hergestellt [21, 66]. *Untergärige Starkbiere* haben einen Ethanolgehalt von 6 bis über 9 Vol.-%, hierbei handelt es sich vor allem um Bockbiere und Biersorten aus Süddeutschland mit der Endung „-ator“ [66]. Der Ethanolgehalt von *obergärigem Bier* (Altbier, Kölsch) liegt meist zwischen 4,4 und 5,3 Vol.-% [66]. Es werden auch andere Getreidearten verwendet, auf Reis, Mais und Dari wird jedoch verzichtet, zudem ist die Zugabe von Zucker sowie Zuckercouleur erlaubt [21, 66]. Ausländische Biere werden meist nicht nach dem Reinheitsgebot produziert, hier werden verschiedene andere Stoffe zugesetzt [21, 66]. Für eine längere Haltbarkeit werden sie oft pasteurisiert oder die Eiweißstoffe werden mechanisch (durch Fällungs- oder Adsorptionsmittel wie Tannin sowie Bentoniterden) oder durch proteolytische Spaltung entfernt [66].

Wein hat einen Alkoholgehalt von 6,1-13,7 g / 100 ml Gew./Vol.-% [6] und entsteht durch alkoholische Gärung (siehe Abschnitt 1.2.1.1.) [21]. Wein wird aus Trauben der Weinrebe hergestellt, wobei es von der klassischen Rebe *Vitis vinifera* mittlerweile sehr viele unterschiedliche Kulturformen gibt [66]. Es gibt zudem eine Vielzahl zugelassener Zusätze [66]. Die Rebsorten lassen sich grob anhand der Traubenfarbe in *Weißweine* (ca. 10,5-11,8 Vol.-%, helle Trauben), *Rotweine* (ca. 13 Vol.-%, rote und blaue Trauben) sowie *Roséweine* (ca. 10,5-11,8 Vol.-%, hellgekelterter Most aus roten oder blauen Trauben) einteilen [66]. Die Vergärung läuft entweder durch spontane Kontamination mit ubiquitären Hefen oder durch Zufügen von flüssigen Reinkulturen zum pasteurisierten Most ab [66]. Die Anbaulage und das Wetter haben einen deutlichen Effekt auf die Qualität der Weine [21].

Wodka gehört zur Gruppe der Spirituosen, welche alle Getränke, die durch Destillation (siehe Abschnitt 1.2.1.1.) hergestellt werden, umfasst [21]. Wodka (in Deutschland *mindestens 40 Vol.-%*) gehört dabei zu den sog. Spezialbranntweinen [66] und hat einen Alkoholgehalt von 32,0-60,0 g / 100 ml Gew./Vol.-% [9]. Branntweine haben einen Alkoholgehalt von mindestens 32 Vol.-% und sind extraktfrei oder extraktarm mit oder ohne Geschmackszutaten [66]. Spezialbranntweine werden in der Regel durch Vermischen von verschiedenen zuvor hergestellten gereinigtem Spirit und Zugabe von würzigen Zusätzen und Wasser hergestellt [66]. Früher wurden Kartoffeln verwendet, heutzutage wird auch beim russischen Wodka vorwiegend Getreide verwendet [66].

1.2.1.4. Messmethoden Alkoholkonzentration

Der Alkoholisierungsgrad wird anhand der Ethanolkonzentration im Blut, vereinfacht Blutalkoholkonzentration (= BAK), festgestellt. Alternativ können durch Bestimmung der Atemalkoholkonzentration (= AAK) in gewissen Grenzen Rückschlüsse auf die Konzentration im Blut gezogen werden. Beide Bestimmungen sollten möglichst zeitnah zu dem Geschehen erfolgen, für das sie relevant sind.

Die folgenden Ausführungen beruhen, soweit nicht anders erwähnt, auf den Ausführungen von Madea u. Brinkmann [66].

Die Blutalkoholkonzentration (= BAK) wird nach Blutentnahme im Labor bestimmt. Voraussetzungen für eine gerichtlich anerkannte Blutentnahme sind, dass die Blutprobe eindeutig zugeordnet werden kann und keine Verfälschung des späteren Analyseergebnisses stattfindet. So dürfen zur Blutentnahme z.B. nur dafür zugelassene Einmal-Vakuumbestecke (auch bei bereits vorhandenem Venenzugang) sowie alkoholfreie Desinfektionsmittel verwendet werden und es wird stets alles mit Etiketten versehen sowie im Blutentnahmeprotokoll festgehalten. Blutproben werden bis zur laboratorischen Untersuchung kühl aber ungefroren bei ca. 4 °C gelagert. Zur gerichtlichen Verwertbarkeit müssen die Proben mit zwei Analyseverfahren räumlich getrennt und mit eigenem Personal ausgewertet werden. Eine Analyse muss dabei jeweils von Anfang bis Ende durch dasselbe Personal erfolgen. Die Aufzeichnungen über die Kennzeichnung der Proben und die Ergebnisse der Bestimmungen sind für die Dauer von sechs Jahren aufzubewahren. Blutproben dürfen nur von Ärzten entnommen werden, gesetzwidrig von Nichtärzten (z.B. Medizinstudenten.) entnommene Proben werden vor Gericht jedoch verwertet, wenn die Entnahme an sich zulässig war und korrekt analysiert wurde.

Die drei heutzutage verwendeten Methoden sind die *Methode nach Widmark*, die *ADH-Methode* sowie die *Gaschromatographie*. Die BAK-Werte dieser Studie wurden mittels Gaschromatographie bestimmt, daher wird nur auf dieses Verfahren eingegangen. Die *Gaschromatographie* ist eine sehr spezifische Methode mit hoher Reproduzierbarkeit für die Ethanolbestimmung in Körperflüssigkeit und Geweben, bei der eine Trennsäule verwendet wird, an deren Ende sich Detektoren befinden, mit denen die auf der Säule getrennten Lösungsmittel in einem Chromatogramm dargestellt werden können. Hierzu werden die

flüchtigen Substanzen meist auf 60 °C in einem Reaktionsgefäß (Kapsel­fläschchen) erwärmt und in der Dampfphase mithilfe von einem Trägergas (Stickstoff, Helium) ein Teil der Probe auf eine Trennsäule übertragen. Um die Menge des am Detektor ankommenden Stoffes zu messen wird bei Ethanol meist ein Flammenionisationsdetektor verwendet um durch Verbrennung durch eine mit Wasser und Luft gespeisten Flamme einen Ionenstrom zu erzeugen, der verstärkt und über Schreiber, Integrator oder Bildschirm sichtbar gemacht wird. Durch die hohe Spezifität der Methode ist die Gaschromatographie anderen Methoden überlegen, der Fehler der Gaschromatographie ist deutlich niedriger als bei der Widmark- sowie der ADH-Methode. Es kann zwar auch bei der Gaschromatographie zu Überlagerungen der Ethanolwerte mit anderen Stoffen (u.a. Methanol, 2-Propanol) kommen, diese Überlagerungen können jedoch durch Verwendung anderer Säulen vermieden werden.

Die Atemalkoholkonzentration, kurz AAK, wird mittels eines Messgerätes bestimmt. Hierzu muss die getestete Person in das Gerät pusten. Diese Bestimmung erfordert somit die Mitarbeit der jeweiligen Person. Um sicherzustellen, dass der Proband auch wirklich in das Testgerät pustet, enthalten die Geräte Widerstände, die nur unter kräftigem Pusten überwindbar sind. Bei zu kurzer Pustedauer bzw. zu geringem Druck kann kein verwertbarer AAK-Wert erhoben werden, das Gerät zeigt eine Fehlermeldung an. Dennoch ist z.B. durch vorangehende Hyperventilation und anderes Verhalten (z.B. Einatmen und sofortiges forciertes Ausatmen) oder physiologische Vorgänge, die die Verweildauer der Luft reduzieren oder die Durchblutung der Lungenkapillaren verringern, eine zu niedrige AAK im Verhältnis zur BAK provozierbar. Eine fälschlicherweise höhere AAK im Verhältnis zur BAK ist wiederum beispielsweise durch Mundalkohol bei zu geringem Abstand zwischen Alkoholkonsum und Messung sowie durch Aufstoßen von Luft aus dem Magen (teilweise Erhöhung von 0,2-0,3 ‰) möglich. Bei einem Atemvortestwert von 0,3 ‰ und alkoholverdächtigen Ausfallerscheinungen oder Verkehrsdelikt wird eine Blutprobe bzw. eine „beweissichere“ Atemalkoholprobe angeordnet. Bei einem Atemvortestwert von 0,5 ‰ wird auch ohne weitere Verdachtsmomente eine Blutprobe angeordnet.

Geräte, die zur AAK-Bestimmung als *Vortest* für eine Blutprobe verwendet werden, arbeiten mit einer der folgenden Messmethoden: dem *Dichromatverfahren*, dem *gaschromatographischen Verfahren*, dem *Infrarot(IR)-Verfahren*, *Redox-Halbleiter-Gassensoren* oder dem *elektrochemischen Oxidationsverfahren (Brennstoffzelle)*. Die AAK-

Werte dieser Studie wurden mittels eines Alcotest 6510 Gerätes von Dräger bestimmt, welches nach dem *elektrochemischen Oxidationsverfahren* misst. Auf dieses Verfahren wird daher kurz eingegangen. Geräte, die nach diesem Verfahren arbeiten, sind sehr kompakt, haben eine niedrige Nachweisgrenze und sind relativ unempfindlich gegenüber flüchtigen Kohlenwasserstoffen. Nachteilig ist, dass eine längere Wartezeit zwischen den Analysen besteht, die Geräte CO-empfindlich sind, häufige Kalibrierungen notwendig sind und die Brennstoffzelle nach 6-12 Monaten ausgetauscht werden muss.

AAK-Werte werden meist als Vortest verwendet, da die Umrechnung von AAK zu BAK schwierig ist, da keine konstante Beziehung zwischen venöser Blutalkoholkonzentration und Atemalkoholkurve existiert und die Werte somit nicht direkt konvertierbar sind. Der Umrechnungsfaktor ist abhängig von Trinkphase, interindividuellen und intraindividuellen atemphysiologischen Gegebenheiten. In der Resorptionsphase ist die Alkoholkonzentration in der Lunge höher als in der Peripherie, AAK-Werte sind daher zu hoch im Verhältnis zu BAK-Werten. Laut BGH-Urteil ist eine Um- und Rückrechnung innerhalb der ersten zwei Stunden nach Trinkende wissenschaftlich nicht zu vertreten, da die AAK-Messwerte in der Resorptionsphase zu hoch und zu unsicher seien. Es wurden in Studien Umrechnungsfaktoren zwischen 0,74-3,29 ‰/mg/l gefunden.

Es gibt neben den Geräten für AAK-Vortests auch die sogenannte „*beweissichere Atemalkoholprobe*“. „Beweissicher“ bedeutet hierbei forensisch verwertbar, d.h., dass diese AAK-Proben nicht nur als Vortest zur BAK, sondern als Alternative unter bestimmten Voraussetzungen bei Verkehrsordnungswidrigkeiten einsetzbar sind. Ein in Deutschland hierfür zugelassenes Gerät ist das 1710 Evidential der Firma Dräger. Es arbeitet sowohl mit der Infrarottechnik als auch mit einem elektrochemischen Sensor. Es werden zwei Atemproben untersucht, wobei die zweite Atemprobe innerhalb von 2-5 Minuten nach der 1. abgegeben werden muss. Nur wenn beide Einzelmessungen in sehr engen Grenzen übereinstimmen, wird die Analyse vom Gerät angezeigt. Dieses Gerät ist aufgrund seiner Größe und Unhandlichkeit nicht für den mobilen Einsatz geeignet und wurde bei dieser Studie daher auch nicht verwendet, da die Studie einen Vergleich zu den mobilen Vortests ziehen soll.

1.2.1.5. Verkehrs- & Strafrecht

Der Einfluss von Ethanol hat eine besondere Relevanz im Straf- sowie vor allem im Verkehrsrecht (§315c, § 316 StGB; §24a, § 24c StVG). Hierbei geht es einerseits um die Zurechnungsfähigkeit sowie andererseits ums Fahren unter Alkoholeinfluss als Ordnungswidrigkeit oder Straftat. Laut §24a StVG ist demnach das Führen eines Kraftfahrzeugs im Straßenverkehr ab einer AAK von 0,25 mg/l bzw. BAK von 0,5 ‰ ordnungswidrig. Laut § 24c StVG handeln Fahranfänger / - innen mit einer Fahrerlaubnis auf Probe oder vor Vollendung des 21. Lebensjahres generell ordnungswidrig, wenn sie unter Alkoholeinfluss ein Fahrzeug führen, gleich welchen Promillewertes. Nach §315c StGB wird u.a. die Gefährdung von Leib und Leben eines anderen Menschen oder fremder Sachen von bedeutendem Wert durch grob verkehrswidrig und rücksichtsloses Führen eines Fahrzeugs infolge von Alkoholkonsum strafrechtlich verfolgt. Nach § 316 StGB wird ein Fahrzeugführer auch bestraft, wenn §315c nicht greift, er infolge von Alkoholkonsum nicht in der Lage ist das Fahrzeug sicher zu führen.

Besonders Verkehrsunfälle unter der Einwirkung von Alkohol stellen ein großes Problem dar. Borkenstein et al. [23] untersuchten 1962/1963 in Michigan, USA den Einfluss von Alkohol im Straßenverkehr. In dieser sogenannten Grand-Rapids-Studie zeigten sich BAKs ab 0,4 ‰ mit höheren Unfallraten verbunden. Unfallfahrer mit Promillewerten ab 0,8 ‰ waren in jeder Altersgruppe bei Unfällen statistisch überrepräsentiert. Ab 0,8 ‰ stieg zudem das Risiko einen Unfall zu haben an dem nur das eigene Fahrzeug beteiligt war. Die Unfälle waren des Weiteren tendenziell schwerer und auch mit höherem Sachschaden verbunden. Das Risiko in einen Unfall verwickelt zu werden stieg stark ab 0,8 ‰ und sehr stark ab 1,5 ‰. Im Bereich 0,5 bis 1,1 ‰ waren Fahrer mit hoher jährlicher Fahrpraxis noch seltener vertreten als unerfahrene Fahrer, über 1,1 ‰ spielte die Fahrpraxis jedoch keine Rolle mehr. Was das Alter angeht wurden höhere Unfallzahlen bei 16-25jährigen sowie bei Personen über 69 Jahre gefunden.

Erhebungen des deutschen statistischen Bundesamts zeigen, dass Alkohol nach wie vor eine wichtige Rolle bei Verkehrsunfällen spielt [4, 6, 8, 10, 13]. Auch wenn die Zahl der Unfälle insgesamt die letzten Jahre schwankend war und Unfälle, bei denen Alkoholeinfluss eine der Unfallursachen war, die letzten Jahre leicht rückläufig waren (2014 - 0,3% insgesamt sowie Alkoholunfälle; 2013 + 0,5% insgesamt und - 0,2% Alkoholunfälle; 2012 + 1,7 insgesamt und - 0,2 % Alkoholunfälle; 2011 - 2,1 % und +/- 0%; 2010 + 4,2% insgesamt), lagen letztere

2014 immerhin noch bei 4,5 % (13612 Unfälle) und zählen zudem häufig zu den besonders schweren Unfällen [4, 6, 8, 10, 13]. So fällt die Zahl an Todesfällen sowie Schwerverletzten auf 1000 Unfälle bei Unfällen mit Alkoholeinfluss deutlich höher als bei Unfällen insgesamt aus [4, 6, 8, 10, 13]. 2014 waren es 19 Getötete und 344 Schwerverletzte bei Alkoholunfällen im Vergleich zu allgemein 11 Getöteten und 224 Schwerverletzten [13]. 2013 waren es 22 bzw. 346 im Vergleich zu 11 bzw. 220 [10]. 2012 waren es 22 bzw. 356 im Vergleich zu 12 und 221 [8]. 2011 waren es 25 und 347 mit Alkoholeinfluss und 13 sowie 225 insgesamt [6]. 2010 waren es 23 und 332 mit Alkoholeinfluss und 13 sowie 217 insgesamt [4].

Bei Unfällen unter berauschenden Mitteln nimmt Alkohol noch immer den Größten Anteil ein im Vergleich zu anderen berauschenden Mitteln oder der Kombination von anderen berauschenden Mitteln mit Alkohol – 2014 waren es 89,4 %, 2013 90,6 %, 2012 91,1 % und 2011 91,4 % [4, 6, 8, 10, 13].

2014 waren 51,2 % der Alkoholunfälle sogenannte Fahrnunfälle, d.h. Unfälle, die – ohne Zutun anderer Verkehrsteilnehmer – dadurch entstehen, dass der Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug verliert [13]. 2013 waren es 52 % [10], 2012 51,2 % [8], 2011 52,7 % [6] und 2010 51 % [4].

Die meisten Beteiligten an Alkoholunfällen sind PKW-Fahrer (2014 56,6 %) [13]. 2014 hatten dabei 67,4 % der PKW-Fahrer mit Personenschaden über 1,1 ‰ (absolut fahruntüchtig) im Blut und jeder 5. über 2 ‰ [13].

Dies ist der Fall obwohl sowohl der *Absatz* als auch der *Verbrauch* von alkoholischen Getränken in Deutschland teilweise über die letzten Jahre in der Tendenz rückläufig waren [1-3, 5, 7, 9, 11, 12, 14]. Vor allem der Verbrauch von Bier, welches das am meisten konsumierte alkoholische Getränk in Deutschland ist, ist leicht rückläufig [1-3, 5, 7, 9, 11, 12, 14]. Der Verbrauch von Bier je Einwohner ist mit leichten Schwankungen über die Zeit insgesamt abnehmend von 130,3 Liter Jahresverbrauch in 1993, über 111,0 Liter von 2005 auf 98,4 Liter pro Einwohner in 2015 gesunken [1-3, 5, 7, 9, 11, 12, 14]. Der Jahresverbrauch ist dabei von 91526701 hl in 2005 über 79874364 hl in 2013 auf 79687359 hl in 2015 gesunken [1-3, 5, 7, 9, 11, 12, 14]. Die Schwankungen lagen die letzten 14 Jahre dabei zwischen - 2,1 % und + 0,4 % [2, 3, 5, 7, 9, 11, 12, 14]. Bei Trinkwein lag der Verbrauch im Jahr 2000 bei ca. 20044000 hl insgesamt bzw. 24,4 Liter pro Person und entwickelte sich mit Schwankungen von - 4,9 % bis + 3,1 % auf ca. 19693000 hl insgesamt und 24,4 Liter pro Person in 2014 [11]. Der Verbrauch von Branntwein lag in 2000 bei ca. 1781900 hl insgesamt

und 2,2 Litern pro Person und lag mit Schwankungen von - 6,9 % bis + 9,9 % über die letzten Jahre in 2014 bei ca. 1744000 hl insgesamt und 2,2 Liter pro Person [11].

1.2.2. Olfaktorische Funktion

Obwohl der Mensch ca. 30000 Geruchsstoffe wahrnimmt, kann ein „Durchschnittsindividuum“ nur einen Bruchteil unterscheiden, die Erkennungsschwelle ist deutlich höher als die Wahrnehmungsschwelle [39]. Zudem ist beim Riechsinn der Effekt von Habituation besonders ausgeprägt [39], d.h. dass durch anhaltende Stimulation des Sinnesorgans mit einem gleichbleibenden Duft oder durch Wiederholung des selben Duftes die Reizantwort sowohl peripher als auch kortikal abnimmt [79]. Der Riechsinn ist mit der Trigeminusreizung und dem Geschmackssinn verbunden [39]. Vieles was als Geschmackswahrnehmung empfunden wird ist in Wirklichkeit eine Geruchswahrnehmung, der Geschmackssinn beschränkt sich auf die Geschmacksqualitäten süß, salzig, sauer und bitter [17].

10 bis 20 Millionen Sinneszellen befinden sich auf einer Fläche von nur einigen cm² in der Regio olfactoria, (im kranialen, vorderen Teil des Septums) sowie den angrenzenden Regionen der lateralen Nasenwand einschließlich der dem Septum zugewandten Seite der oberen und zum Teil auch der mittleren Nasenmuscheln, der Übergang zu dem angrenzenden respiratorischen Epithel ist variabel [69].

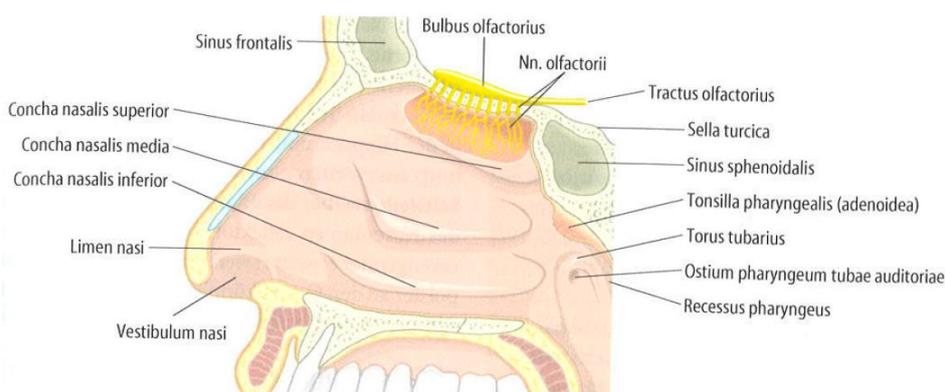


Abbildung 1: Laterale Nasenwand, Nasenmuscheln und Regio olfactoria aus Boenninghaus H-G, Lenarz T (2007) HNO. Springer Heidelberg

Die Riechzellen sind bipolare Ganglienzellen, die von der Riechspalte als Riechhärchen, durch die Lamina cribrosa als marklose Faser ziehen, sich zum Nervus olfactorius vereinigen und im Bulbus olfactorius enden [39].

Das Riechorgan ist mit Hirnregionen verbunden, die für die Speicherung von Emotionen sowie die Assoziation von Gerüchen mit anderen Sinneseindrücken zuständig sind, dies führt häufig zu einer Verknüpfung von Langzeiterinnerungen mit Gerüchen [39, 69].

Es werden lediglich wasser- und lipidlösliche Substanzen wahrgenommen [69]. Bereits geringfügige Änderungen der chemischen Eigenschaften eines Moleküls können einen deutlich wahrnehmbaren Einfluss auf den Riecheindruck nehmen [69]. Sowohl die Wahrnehmungsqualität als auch die Wahrnehmungsquantität des Riecheindrucks können hierdurch beeinflusst werden [69].

In den Poren der Riechhaare der Riechzellen befinden sich Riechkölbchen mit spezifischen Rezeptorproteinen (Odor Binding Proteins), von denen jeweils mehrere Zellen mit denselben Rezeptoren zu überlappenden Inseln zusammengeschlossen zu einem Duftstoff wie ein Schloss zu seinem Schlüssel passen [17].

Die primären Sinneszellen exprimieren eine Vielzahl von verschiedenen Rezeptoren für spezifische Substanzen, die bei Bindung dieser Substanzen G-Proteine aktivieren und die Transduktion einleiten, wodurch in den Axonen des Bulbus olfactorius ein komplexes, substanz- und konzentrationspezifisches Aktivitätsmuster erzeugt wird [52]. Über die G-Proteine wird die Adenylatzyklase aktiviert und der second messenger cAMP erzeugt, wodurch es letztlich über spezielle Ionenkanäle zum Aufbau eines Rezeptorpotenzials sowie bei Überschreiten eines Schwellenwertes zur Auslösung eines fortgeleiteten Aktionspotenzials im Nervus olfactorius kommt, das ins limbische System (Hippocampus) weitergeleitet und dort verarbeitet wird [17].

Es gibt subjektive und objektive Riechprüfungen zur Feststellung des Riechvermögens [39]. Zu den subjektiven Testungen gehören neben der klassischen Testung von Stoffen der verschiedenen Geruchsklassen die Riechstifte (Sniffin' Sticks) [39]. Letztere sind industriell gefertigte standardisierte Tests, die den ursprünglichen, früher verwendeten klassischen Tests der Stoffen hinsichtlich der Vergleichbarkeit überlegen sind [69]. Man unterscheidet bei der subjektiven Riechprüfung zwischen reinen Olfactoriusreizstoffen (z.B. Vanille, Kaffee, Zimt, Birkenteer), Trigeminiereizstoffe (z.B. Menthol, Alkohol, Formalin, Essigsäure und

Ammoniak) sowie Geruchsstoffen mit Geschmacksreizung (z.B. Chloroform, Pyridin) [39]. Bei Leugnung der Wahrnehmung von Trigeminalreizstoffen besteht der Verdacht auf eine Simulation der getesteten Person, da auch bei komplettem Verlust des Riechvermögens die Substanz zumindest gespürt wird [69]. Bei der objektiven Riechprüfung werden olfaktorisch evozierte Potentiale als Reaktion auf ein Riechstoffangebot durch die Ableitung vom Kortex gemessen, diese Methode ist jedoch aufwendig und wenigen Zentren vorbehalten [39, 69].

Eine Störung der olfaktorischen Funktion (= olfaktorische Dysfunktion) fällt häufig als erstes als eine Einschränkung des Schmeckens auf, da der Geruchssinn wesentlich zum Erlebnis des Schmeckens beiträgt [52]. Es ist aufgrund der engen Beziehung zwischen Geruchsempfindungen und Emotionen schwierig Geruchsstörungen (= Dysosmien) nach objektiven Gesichtspunkten einzuteilen, daher erfolgt eine Einteilung meist nach Schadenstopik (respiratorisch, epithelial, nerval oder zentral) sowie nach Qualität und Quantität [39]. Am häufigsten wird eine Geruchssinnstörung durch sinunasale Erkrankungen (= Störung des Dufttransportes; > 2/3 der Fälle) ausgelöst, wobei davon mit 50% entzündlich-infektiöse Ursachen (= Sinusitis) vorherrschen [39]. Weitere Ausführungen zur olfaktorischen Dysfunktion siehe Abschnitt 4.3..

Auch wenn es noch kein klinisches etabliertes Standardverfahren bei Einschränkungen der olfaktorischen Funktion durch Trauma oder nach Infektion gibt, so gibt es bereits einige Studien [32, 38, 45, 48, 54] hierzu, die zeigen, dass durch gezieltes Training mit Duftstoffen eine Verbesserung der olfaktorischen Funktion möglich ist.

1.3. Ausgangslage und Ziel der Arbeit

Zeitgleich mit dem Beginn dieser Studie wurde in Hamburg eine andere Umsetzung der Gesetzesgrundlagen eingeführt. Es wurde nun der „Richtervorbehalt“ konsequent hinsichtlich der Verhältnismäßigkeit einer Blutprobenentnahme angewandt. Dies bedeutet, dass bei Straftaten seitdem nicht mehr unverzüglich eine Blutprobenentnahme ohne Zustimmung des Betroffenen ohne richterliche Anordnung durchgeführt werden kann. Somit stehen vor Gericht nun entweder nur spätere Blutalkoholwerte mit der etwaigen Möglichkeit zur Rückrechnung auf den Tatzeitpunkt oder sogar gar keine BAKs zur Verfügung. Auch die alternative, wenn auch nicht ganz so aussagekräftige Messung mittels AAK-Bestimmung durch die Atemalkoholmessgeräte kann ohne Mitwirkung des Betroffenen („kräftiges

Pusten“) nicht durchgeführt werden und liegt so häufig nicht vor. Ob eine Blutentnahme unter Zwang in solchen Situationen verhältnismäßig ist, muss richterlich entschieden werden. Dies erhöht die Bedeutung von glaubwürdigen Zeugenaussagen, u.a. auch der zuerst eingetroffenen Polizisten hinsichtlich des mutmaßlichen Alkoholisierungsgrades.

Aufgrund der veränderten Umsetzung der Gesetzesgrundlagen hatte zu Beginn dieser Studie somit die Objektivität der subjektiven Einschätzung des Alkoholisierungsgrades von Personen für den rechtsmedizinischen und strafrechtlichen Bereich an Bedeutung gewonnen.

Um zu klären ob subjektive Einschätzungen der Alkoholfahne überhaupt gerichtlich sinnvoll verwertbar sind oder eher zu falschen Einschätzungen der Lage führen, wurde das vorliegende Experiment zur Riechbarkeit von Alkoholkonzentrationen in der Ausatemluft angestrebt. Ziel war es, unter Berücksichtigung der individuellen Riechschwelle festzustellen, ob es möglich ist von dem Alkoholgeruch der Ausatemluft auf die Atemalkoholkonzentration zu schließen und eine mögliche Promillestufe zu ermitteln, ab der Alkohol zuverlässig gerochen wird. Zudem sollte untersucht werden, ob die Einschätzung bei verschiedenen alkoholischen Getränken, die sich in ihrem Begleitalkoholprofil unterscheiden – so wie z.B. bei den gängigen Getränkeklassen Bier, Wein und Wodka – bei gleichen Promillewerten variiert.

In der Literatur ist im Zusammenhang mit dem Verlust des Riechvermögens die Möglichkeit beschrieben, dies durch gezieltes Training wieder zu erlangen oder zumindest zu verbessern [32, 38, 45, 54]. Hieraus ergab sich die zu klärende Frage, ob es auch hinsichtlich der Einschätzung der Alkoholfahne einen solchen Trainingseffekt gibt und Menschen, die beruflich häufig mit Alkoholgeruch in Kontakt kommen, besser in der Lage sind diesen einzuschätzen als diesbezügliche Laien oder, ob sie durch die häufige Anwesenheit des Alkoholgeruchs eher schlechter darauf reagieren.

Aufgrund der häufig behaupteten unterschiedlichen Geruchswahrnehmung von Männern und Frauen sowie gegenteiligen Meinungen sollte zudem untersucht werden, ob das Geschlecht der Tester einen Einfluss auf ihre Einschätzungsfähigkeit bezüglich der Alkoholfahne hat.

2. Material und Methoden

2.1. Grober Versuchsaufbau

Probanden wurden im Rahmen eines durch AAK- und BAK-Messungen kontrollierten Trinkversuches in unterschiedlichem Maße mit alkoholischen Getränken (bis max. 1,1 ‰) belastet.

Um zu prüfen, ob Unterschiede in der Wahrnehmbarkeit einer Alkoholfahne zwischen verschiedenen alkoholischen Getränken bestehen, wurden drei häufig konsumierte Getränke, die sich sowohl im Ethanolgehalt als auch in ihrem Begleitalkoholprofil deutlich unterscheiden, jeweils mit fünf verschiedenen Promillewerten untersucht.

Nüchterne Probanden mit bekannter Riechschwelle sollten versuchen, die unterschiedlich alkoholisierten Probanden anhand der Intensität des Alkoholgeruches der Atemluft semiquantitativ einzuordnen.

2.2. Untersuchte Parameter

2.2.1. Untersuchte Getränke (verwendete Getränke der Getränkeklassen siehe Anhang 3)

Wodka
Bier
Wein

2.2.2. Untersuchte Promillewerte

0,0 ‰ (= Nüchternkontrolle)
0,3 ‰
0,5 ‰
0,8 ‰
1,1 ‰

2.3. Verwendete Messmethoden

Zur Feststellung der Promillewerte wurden sowohl der AAK-Wert sowie auch der BAK-Wert bestimmt (siehe Abschnitt 1.2.1.4.). Zur Bestimmung des AAK-Wertes wurde ein Alcotest

6510 Gerät von Dräger (siehe Anhang 4) verwendet, dass nach dem elektrochemischen Oxidationsverfahren (siehe Abschnitt 1.2.1.4.) misst. Der BAK-Wert wurde mittels Gaschromatographie (siehe Abschnitt 1.2.1.4.) bestimmt.

2.4. Studienteilnehmer - Anzahl

Als Probanden werden die Personen bezeichnet, die als Testpersonen am Experiment teilnehmen. In diesem Fall sind diese in die Gruppe der Rater* (testende Probanden) sowie die Gruppe der trinkenden Probanden (getestete Probanden) unterteilt.

Tabelle 1: Zahl der Studienteilnehmer

Personengruppen	Anzahl
Trinkende Probanden	15
Aufsichtspersonen	7
Rater	16
Gesamt	38

Tabelle 2: Aufteilung Rater

50 % Frauen	50 % Männer
50 % Experten	50 % Laien

In der Gruppe der Rater gab es weder zwischen Männern vs. Frauen ($p = 0,1014$) noch bei der Expertise (Experten vs. Laien; $p = 0,2830$) einen statistisch signifikanten Unterschied bezüglich des Alters. Der Altersdurchschnitt lag insgesamt bei $32,25 \pm 10,75$ Jahren. Der Altersdurchschnitt der Männer lag bei $36,88 \pm 13,70$ Jahren, der der Frauen bei $27,63 \pm 3,38$ Jahren. Der Altersdurchschnitt der Experten lag bei $37,5 \pm 12,81$ Jahren, der der Laien bei $27 \pm 4,57$ Jahren.

Tabelle 3: Aufteilung „Trinkende Probanden“

50 % Frauen	50 % Männer
-------------	-------------

* Rater = englische Bezeichnung für Schätzer, d.h. die Personen, die in diesem Fall den Alkoholgeruch einschätzen

2.5. Räumlichkeiten (Schemazeichnung siehe Anhang 5 u. Anhang 6 sowie Fotos siehe Anhang 7)

Um zu vermeiden, dass sich mit der Zeit ein gewisser Alkoholgeruch durch das unvermeidbare regelmäßige Atmen der alkoholisierten Probanden anreichern und somit die Ergebnisse verfälschen konnte, fand der Geruchstest in einem gut gelüfteten Raum mit offenen Fenstern statt.

- 1 gut gelüfteter, durch die Vorhangskonstruktion in zwei Teile (Bereich für trinkende Probanden sowie Bereich für Rater) getrennter Raum zur Durchführung der Riechtests.
- 1 Aufenthaltsbereich im Nebenraum des Versuchsraums mit offenem Zugang für die Rater zur besseren Verteilung der Rater nach ihren jeweiligen Versuchsdurchläufen.
- 1 Raum, in dem die trinkenden Probanden kontrolliert Alkohol konsumieren konnten, nicht einsehbar und außerhalb des akustisch gut wahrnehmbaren Bereichs der Rater.

2.6. Grundvoraussetzungen

2.6.1. Grundvoraussetzungen für das Experiment im Allgemeinen

- Es wurde ein positives Votum der Ethikkommission (siehe Anhang 8) durch präzise Ausarbeitung eines die Beteiligten gut aufklärenden und nicht beeinträchtigenden Experimentplans sowie einer Einwilligungserklärung (siehe Anhang 9) eingeholt.

2.6.2. Grundvoraussetzungen für trinkende Probanden

- ein guter Gesundheitszustand durch Ausschluss von Erkrankungen wie Alkoholismus, anderer psychischer Erkrankungen, Lebererkrankungen sowie Stoffwechselerkrankungen
- keine übermäßig fettigen Mahlzeiten vor Versuchsbeginn
- keine Voralkoholisierung, auch nicht vom Vortag

- keine geruchsintensiven Mahlzeiten vor Versuchsbeginn
- kein Parfüm, Lotionen mit Parfümgeruch oder andere duftende Stoffe

2.6.3. Grundvoraussetzungen für Rater

- keine Erkältung oder andere Probleme mit der Nasenatmung
- keine eigene Alkoholisierung, auch nicht vom Vortag
- keine geruchsintensiven Mahlzeiten vor Versuchsbeginn
- kein Parfüm, Lotionen mit Parfümgeruch oder andere duftende Stoffe

2.6.4. Aufsichtspersonen

Da durch Alkoholkonsum die Compliance der Probanden erwartungsgemäß abnimmt und somit die Möglichkeit besteht, dass sie sich nicht mehr an die zuvor besprochenen Vorgaben halten, wurden Aufsichtspersonen eingesetzt, um den reibungslosen Ablauf zu gewährleisten. Sie sollten u.a. dafür sorgen, dass die alkoholisierten Probanden während der „Atemspende“ nicht sprachen und sich auch sonst ruhig verhielten.

Zwei Aufsichtspersonen begleiteten die trinkenden Probanden jeweils zu den Versuchsplätzen und zurück in deren Aufenthaltsraum. Zwei weitere überwachten den Trinkraum und sorgten dafür, dass kein Chaos infolge von alkoholbedingt enthemmten, unbeaufsichtigten Probanden entstand. Eine Person war für die Blutabnahme sowie die AAK-Kontrolle zuständig. Jeweils eine weitere Person überwachte eine Gruppe von Ratern und war hierzu für einen Testplatz zuständig um Informationsaustausch über die Geruchswahrnehmungen und damit Ergebnisverfälschung zu unterbinden.

2.6.5. Zuvor durchgeführte Voruntersuchung

- Ein Gesundheits-Check-Up, um Vorerkrankungen, die eine Gesundheitsgefährdung bei starkem Alkoholkonsum auslösen könnten, zu vermeiden. Hierbei wurden

folgende Parameter untersucht: Blutuntersuchung (Leberwerte: AST (GOT), ALT (GPT), GGT, sowie Ethanol, Methanol, Isopropanol/Aceton, CDT) sowie körperliche Untersuchung (Abtasten der Leber, Abhören des Herzens, Blutdruckmessung)

- Untersuchung der Nasenanatomie und Riechschwellenbestimmung (Lösungsbogen Riechtest siehe Anhang 9) der Rater durch HNO-Fachärzte des UKE. Dies war notwendig, um bei den Versuchsergebnissen auszuschließen, dass das Nichtwahrnehmen von Alkoholgeruch durch schlechte Wahrnehmungsfähigkeiten der Rater zustande kam.

2.7. Verglichene Gruppen

- Experten (Rechtsmediziner) versus Laiengruppe (z.B. Medizinstudenten)
- Männer versus Frauen

2.8. Fragebogen

Zur späteren Einteilung der *Rater* in die zu vergleichenden Gruppen war es notwendig vor Versuchsbeginn einige Angaben durch einen standardisierten Fragebogen (siehe Anhang 11) zu ermitteln. Die Probanden erhielten eine Nummer, die auf dem Fragebogen notiert wurde und somit gewährleistete, dass die Angaben später noch genau zuzuordnen waren.

- Experte/Laie (Berufsangabe)
- Geschlecht
- Alter
- Zyklusphase (bei Frauen)
- durchschnittliches Trinkverhalten der Probanden (sehr selten/gelegentlich, z.B. am Wochenende/mindestens 4-mal pro Woche/täglich)
- Letzte Mahlzeit (Was? Wann? Menge?)

Zur besseren Abschätzbarkeit von Adaptation der *trinkenden Probanden* an Alkoholkonsum und damit verbundene mögliche Veränderung der Stoffwechselwege mit z.B. erhöhten Blutmethanolwerten sowie durch Leberschaden entstandene Produkte und einer damit verbundenen Beeinflussung der Alkoholfahne wurde vorab ebenfalls ein Fragebogen an die trinkenden Probanden verteilt, in dem deren Alkoholkonsumverhalten erfragt wurde.

- Geschlecht
- Alter
- Aktuelles Körpergewicht
- durchschnittliches Trinkverhalten der Probanden (sehr selten/gelegentlich, z.B. am Wochenende/mindestens 4-mal pro Woche/täglich)
- Letzte Mahlzeit (Was? Wann? Menge?)

2.9. Erreichen der Promillewerte mit den jeweiligen Getränken

Es wurde anhand bekannter Korrelationen zwischen dem Alkoholgehalt eines Getränkes, dem Körpergewicht, der Trinkzeit und dem Geschlecht (nach Widmark, siehe Abschnitt 1.2.1.1.) ausgerechnet, welche Mengen der jeweiligen Getränke in welcher Zeit getrunken werden mussten, um die erwünschten Promillewerte zu erreichen. Jeder Trinkende bekam einen „Fahrplan“ (siehe Fahrplanbeispiel Anhang 12), an den er/sie sich genau zu halten hatte. Das Erreichen der gewünschten Werte wurde anhand von BAK- und AAK-Werten kontrolliert. Vor der AAK-Messung wurde durch 15-minütige Wartezeit und Mundspülung mit Wasser der Einfluss von Mundrestalkohol ausgeschlossen.

Vor der individuellen Testung der trinkenden Probanden durch die Rater wurde jeweils eine AAK-Kontrollmessung durchgeführt.

2.10. Versuchsaufbau vor Ort

- Der jeweilige trinkende Proband saß hinter einer Vorhangskonstruktion (siehe Anhang 5, Anhang 6 u. Anhang 7) mit „Munddurchlass“ und war angehalten nicht zu sprechen, um eventuelle körperliche Ausfallerscheinungen zu verdecken und als Einflussfaktor der subjektiven Bewertung der riechenden Probanden auszuschließen.
- Es lag ein semiquantitativer Bewertungsbogen (siehe Anhang 13) mit nachstehend aufgeführten ankreuzbaren Auswahlmöglichkeiten und einem Bereich zum Eintragen der persönlichen Registrierungsnummer auf einem schmalen Tisch direkt vor dem Vorhang. Dieser Bereich war von den anderen Probanden nicht einsehbar. Den Ratern waren die untersuchten Promillestufen (0,0 ‰; 0,3 ‰; 0,5 ‰; 0,8 ‰; 1,1 ‰) bekannt und ihnen war klar, dass wir vermuteten, dass bei 0,0 ‰ kein Alkoholgeruch und bei 1,1 ‰ starker Alkoholgeruch auftritt und dies mit dieser Studie untersuchen wollten. Die Definierung von „kein Alkoholgeruch“ bis „starker Alkoholgeruch“ war notwendig, da schlecht vorstellbar ist wie z.B. 0,3 ‰ riecht.

Tabelle 4: Semiquantitative Skalierung der Stärke des Alkoholgeruchs auf dem Auswertungsbogen

kein Alkoholgeruch	minimaler Alkoholgeruch	schwacher Alkoholgeruch	mittlerer Alkoholgeruch	starker Alkoholgeruch
--------------------	-------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------

- Kaffeebohnen dienten der Geruchsneutralisierung. Sie wurden jeweilig vor den eigentlichen Geruchstests durch einmaliges intensives Riechen an den Kaffeebohnen verwendet.

2.11. Randomisierung

Innerhalb der trinkenden Gruppe wurde eine Randomisierung versucht, war jedoch aufgrund von Abneigungen der Probanden gegen einzelne Getränke und vor allem teilweise vorhandener Ablehnung gegen die höheren Promillestufen nicht möglich. Es wurden die Wünsche der Probanden berücksichtigt um das Erreichen der jeweiligen Promillewerte zu

gewährleisten. Somit wurden die Probanden dieser Gruppe nur teilweise per Zufall auf die verschiedenen Getränke und Promillewerte gelost, die restlichen wurden ihren Wünschen entsprechend zugeteilt. Durch die Vorabzuteilung konnte der Trinkstart der einzelnen Probanden gezielt an deren ersten Einsatzzeitpunkt angepasst werden.

Innerhalb der Rater-Gruppe wurden die Probanden per Los in zwei Gruppen geteilt. Die Reihenfolge, in der sie innerhalb der Gruppe die jeweiligen trinkenden Probanden aufsuchten, wurde ebenfalls ausgelost.

2.12. Zeitlicher Ablauf am Versuchstag

Die Rater erschienen ca. 1 Std. nach den trinkenden Probanden.

Die voraussichtlich benötigte Zeit wurde zuvor abgeschätzt. Es wurden 1,5 Stunden für die Vorbereitung der trinkenden Probanden veranschlagt. Pro Versuchsdurchgang wurde 1 Stunde eingeplant, das waren 15 mal 30 Sekunden für 16 Rater, dies geteilt durch 2 da immer gleichzeitig zwei Rater ihre Beurteilung durch die zwei Plätze für die trinkenden Probanden abgeben konnten. Für den Hin- und Rückweg der trinkenden Probanden sowie die jeweilige AAK-Messung plus das Einsammeln der Auswertungsbogenbox sowie die Einsortierung der Bögen in eine Tüte wurden 8 mal 10 Minuten veranschlagt, dies ergab noch einmal 1 Stunde und 20 Minuten. Insgesamt wurden 3 Stunden und 50 Minuten vorab als benötigte Zeit einkalkuliert. Diese Abschätzung geschah absichtlich eher großzügig um sicherzustellen, dass es später keine zeitlichen Probleme mit anderen Terminen gab. Am Tag des Experiments wurde jedoch weniger Zeit für die jeweiligen Testungen benötigt, sodass etwas größere Pausen zwischen den Versuchsdurchgängen entstanden.

2.13. Versuchsdurchführung

2.13.1. Vorkehrungen vor dem eigentlichen Experiment

Zur Verkürzung der Versuchsdauer am Versuchstag wurden die Fragebögen an die Probanden bereits einige Tage zuvor ausgeteilt und die persönlichen Nummern vergeben. Zudem fand eine theoretische Instruktion für den Ablauf des Experimenttags statt.

Die Riechschwellen der Rater wurden in der Hals-Nasen-Ohren-Abteilung des Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf bestimmt.

2.13.2. Tag des Experiments

Die genaue Instruktion der Probanden und Aufsichtspersonen fand am Experimenttag vor Ort statt um den Ablauf für die Teilnehmer möglichst präsent zu halten.

Die trinkenden Probanden wurden instruiert, sich während des Versuchs ruhig zu verhalten und ihnen wurde anhand der Versuchsvorhangskonstruktion der genaue Ablauf demonstriert.

Die Aufsichtspersonen nahmen an dieser Demonstration ebenfalls teil.

Die Rater erhielten eine eigene Einführung in den für sie vorgesehenen Ablauf mit darauffolgender Probe. Hierdurch sollte ein reibungsloser und schneller Ablauf gewährleistet werden, um sicherzustellen, dass das Zeitlimit eingehalten werden konnte.

Die trinkenden Probanden tranken sich am Tag des Experiments anhand eines für sie erstellten Zeitplanes mit dem für sie gewählten Getränk auf den jeweiligen Promillewert. Der Erfolg wurde durch BAK- und AAK-Messungen kontrolliert.

Die Aufsichtspersonen überwachten den Trinkvorgang, führten Trinkprotokolle und führten die Messungen durch.

Nachdem alle Beteiligten anwesend waren und nach Rückversicherung, dass allen der Ablauf des Experiments bewusst war sowie Sicherstellung der Einhaltung des Trinkzeitplans und der korrekten Promillewerte der beginnenden trinkenden Probanden startete der Versuchsdurchlauf.

Die zwei Gruppen der Rater warteten in ihren Wartebereichen.

Bei den beiden trinkenden Probanden, die zuerst untersucht wurden, wurden die Vorwerte mittels AAK-Messung erhoben und auf dem Trinkprotokoll notiert. Darauf wurden sie von zwei Aufsichtspersonen zu ihren Stühlen hinter der Vorhangskonstruktion geführt.

Die Rater stellten sich jeweils in ihrer Gruppe in einer Schlange entsprechend ihrer ausgelosten Reihenfolge auf. Die dortigen Aufsichtspersonen halfen bei Fragen, koordinierten

den zeitlichen Ablauf und schickten die Probanden dem Zeitplan entsprechend los. Die Aufsichtspersonen neben den trinkenden Probanden achteten ebenfalls auf Einhaltung der Zeit.

Es startete ca. alle 30 Sekunden der Vordere aus der Schlange der Rater. Er lief zum Sichtschutz, roch einmal kräftig an Kaffeebohnen in einer Dose, setzte sich seine Sichtschutzbrille auf und tauchte mit seinem Kopf hinter den Vorhang der Konstruktion.

Der trinkende Proband hauchte den Rater daraufhin zweimal an.

Dieser versuchte den Geruch wahrzunehmen. Er tauchte hinter dem Vorhang wieder hervor, nahm die Sichtschutzbrille ab, notierte seine Geruchswahrnehmung sowie seine persönliche Nummer auf einem vor ihm liegenden Testbogen und warf ihn in die Sammelbox.

Danach stellte sich der Rater hinten an der Schlange für den anderen trinkenden Probanden an. Er wartete, bis er erneut dran war und führte dann die gleichen Testungsschritte erneut bei dem zweiten trinkenden Probanden durch.

Nachdem alle Rater auf diese Weise jeweils einmal bei beiden trinkenden Probanden eine Atemspende erhalten hatten, war der erste Testdurchlauf vorüber.

Die Rater warteten daraufhin in ihrem Wartebereich, während sie angehalten waren nicht über ihre Geruchserlebnisse zu sprechen. Währenddessen wurde gelüftet um die Raumluft vom eventuellen Alkoholgeruch zu befreien.

In dieser Zeit leerten die Aufsichtspersonen die Sammelboxen in Tüten aus, auf denen sie die Nummer des jeweiligen trinkenden Probanden notierten. Dann führten sie die beiden trinkenden Probanden zurück in ihren Aufenthaltsraum.

Ab hier begann die nächste Versuchsrunde. Die nächsten beiden trinkenden Probanden wurden wie die ersten zu der Vorhangskonstruktion geführt. Der hierauf folgende Ablauf entsprach der ersten Versuchsrunde.

Dieses Vorgehen wurde solange wiederholt, bis alle trinkenden Probanden untersucht worden waren.

Nach Versuchsende wurden alle gesammelten Daten zusammengetragen.

2.14. Versuchsauswertung

Die gesammelten Daten wurden nun ausgewertet. Hierzu wurden die Auswertungsbögen anhand der Nummern den Fragebögen zugeordnet und somit die Ergebnisse für die jeweiligen zuvor festgelegten Gruppen erstellt. Sie wurden mit den bestimmten Riechschwellen verglichen.

Die erhobenen Daten wurden sowohl mit Excel als auch mit SPSS (Version 19) ausgewertet.

2.14.1. Auswertung SPSS

2.14.1.1. Definition Mixed Model Analyse

Es wurde der Einfluss verschiedener Faktoren auf die Fähigkeit das Getränk bzw. die Promillewerte herauszuriechen getestet. Als Vergleichswerte wurden die AAK-Werte verwendet.

Hierzu wurde eine Mixed Model Analyse (übersetzt „Analyse gemischter Modelle“) verwendet. Diese ermöglicht die gleichzeitige Betrachtung von zufälligen („random effects“) sowie festen („fixed effects“) Effekten.

Als mögliche die Einschätzungsfähigkeit von „Alkoholfahnen“ beeinflussende Variablen angenommen und getestet:

- Geschlecht des trinkenden Probanden
- Geschlecht des Raters
- das Getränk
- die (Atem-)Alkoholmenge
- die Profession (Laie/Experte) des Raters

Hierbei wurde die Signifikanz des Einflusses dieser Faktoren auf die Fähigkeit das Getränk bzw. die Promillewerte herauszuriechen (= Einschätzung der Rater von der Promillekonzentration = RPromC) getestet. Durch die gleichbleibenden Probanden sind in begrenztem Ausmaß Aussagen über ein allgemeines Kollektiv möglich.

In SPSS wurde das Geschlecht mit SEX=1 für „weiblich“ und SEX=0 für „männlich“ codiert.

Die Profession wurde mit prof=1 für Experten sowie prof=0 für Laien codiert.

Bei den Getränkeklassen wurde Wodka als „Getränk=3“, Wein als „Getränk=2“ sowie Bier als „Getränk=1“ codiert. Die Nüchternkontrollen von 0,0 ‰ wurde als „Getränk=0“ codiert.

Zur besseren Lesbarkeit wurden in den im Abschnitt Ergebnisse verwendeten Tabellen die codierten Bezeichnungen gegen den Klartext ersetzt. Die originalen Tabellen befinden sich im Anhang. Als signifikant wurde $p < 0,05$ definiert.

2.14.1.2. Definition Prognosefehler

Der Prognosefehler ist die Differenz zwischen vorhergesagtem Promillewert und gemessenem AAK.

2.14.2. Auswertung der Fragebögen

Die Fragebögen wurden hinsichtlich ihrer Verwertbarkeit untersucht. Es wurde verglichen inwieweit sich statistisch vergleichbare Gruppen anhand der unterschiedlichen Antworten ergaben.

3. Ergebnisse

3.1. Vergleich Einschätzung der Getränke anhand der Promillewerte mit Excel

Die folgenden Grafiken zeigen den Vergleich der Einschätzungen aller Rater von Wodka, Wein und Bier anhand der Gegenüberstellung der jeweiligen Schätzungen der Promillestufen. Hierbei wurde keine Unterscheidung zwischen den verschiedenen Ratergruppen (weiblich vs. männlich bzw. Laie vs. Experte) gemacht.

3.1.1 0,0 ‰

Die Nüchternkontrollwerte 1 und 2 wurden jeweils von 11 Ratern erkannt, 5 gaben Alkoholgeruch verschiedener Stufen an. Der 3. Kontrollwert wurde von 8 Ratern erkannt, 8 waren der Meinung Alkoholgeruch wahrzunehmen.

Die Angaben zu allen drei Kontrollwerten zusammengefasst beinhalten pro Rater drei Angaben. Hierbei waren 30 Angaben korrekt, 18 Mal wurde Alkoholgeruch angegeben.

3.1.1.1. Kontrolle 1

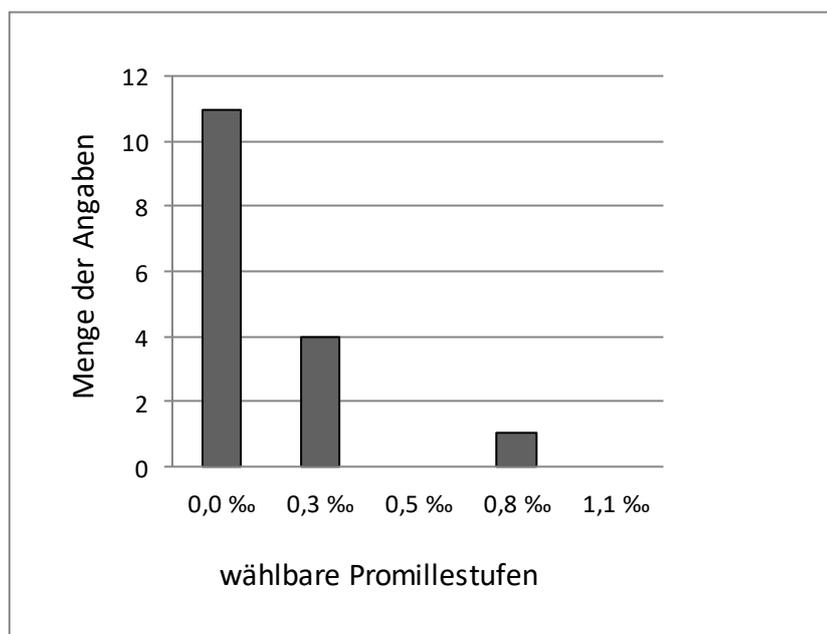


Abbildung 2: Kontrolle 1: "Riechangaben" bei 0,0 ‰ (AAK)

3.1.1.2. Kontrolle 2

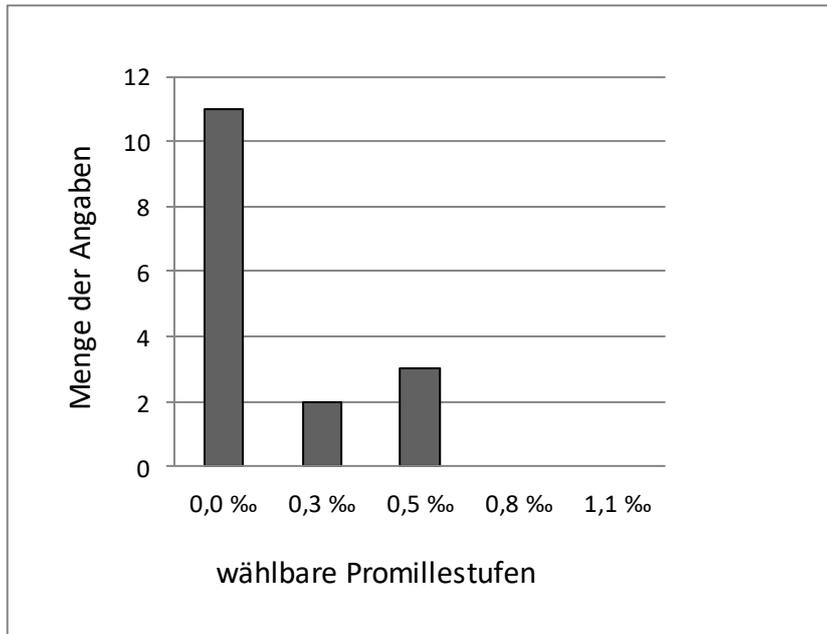


Abbildung 3: Kontrolle 2: "Riechangaben" bei 0,0 ‰ (AAK)

3.1.1.3. Kontrolle 3

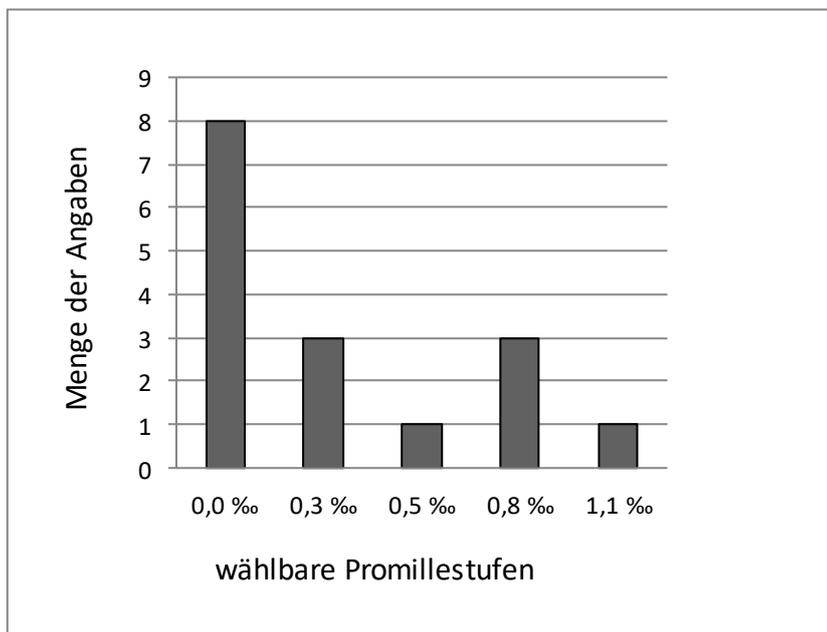


Abbildung 4: Kontrolle 3: "Riechangaben" bei 0,0 ‰ (AAK)

3.1.1.4. Kontrollen - Zusammenfassung

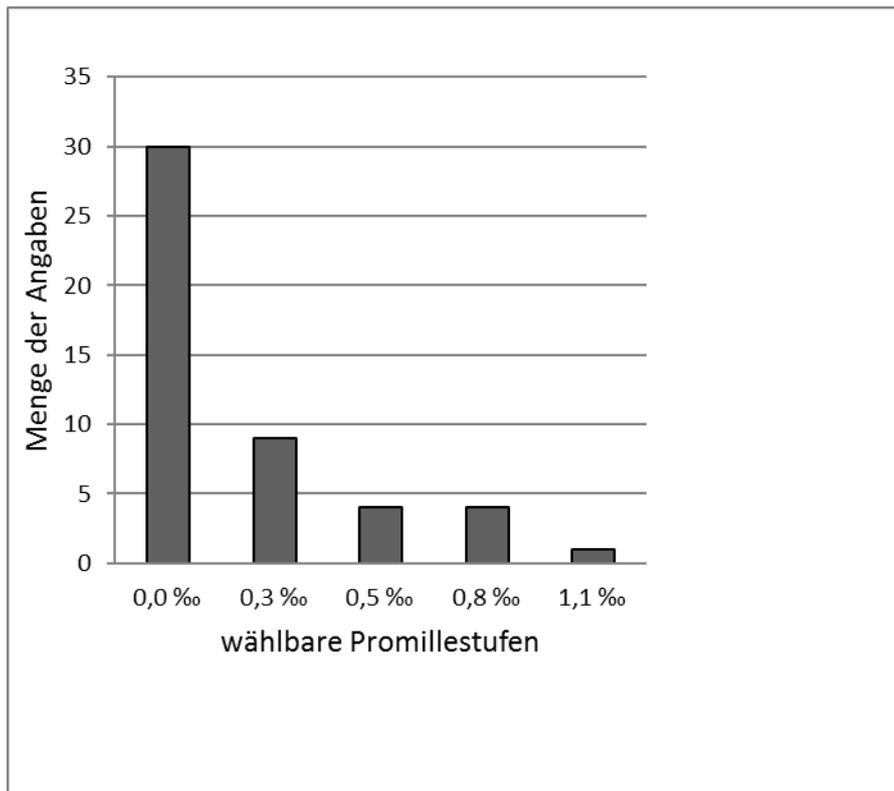


Abbildung 5: Kontrollen - Zusammenfassung: "Riechangaben" bei 0,0 ‰ (AAK)

3.1.2. 0,3 ‰

Bei der Teststufe von 0,3 ‰ wurde Wodka von 8 Ratern richtig eingeschätzt. 5 Rater schätzten Wodka zu niedrig. Von 3 Ratern wurde Wodka zu hoch eingeschätzt.

Die AKK-/BAK-Werte wichen bei Wein vom angestrebten 0,3 ‰-Wert ab. Der tatsächlich bei 0,5 ‰ liegende Wert wurde von 6 Ratern korrekt geschätzt. Die restlichen 10 Rater schätzten Wein zu niedrig, wobei 6 Rater die nähere Stufe von 0,3 ‰ und 4 Rater 0,0 ‰ auswählten.

Bier schätzen 3 Rater korrekt als 0,3 ‰ - Stufe ein. 2 Rater schätzen zu niedrig. Die Mehrheit der Rater, d.h. 11 Rater, schätzte Bier dieser Promillestufe zu hoch. Hierbei wurde 0,8 ‰ am meisten, d.h. von 6 Ratern, ausgewählt.

3.1.2.1. Wodka

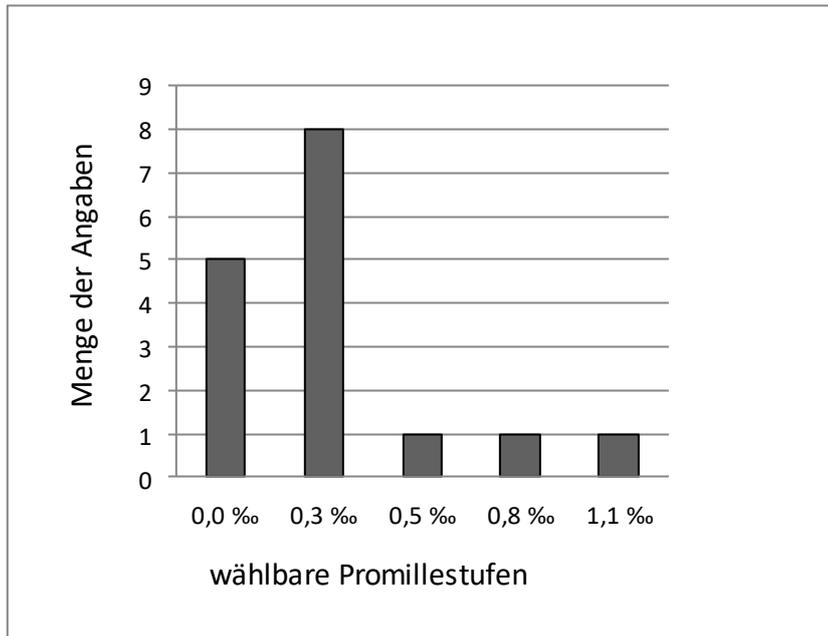


Abbildung 6: Wodka 0,3 ‰: "Riechangaben" bei Wodka 0,17 ‰ (AAK) / 0,18 ‰ (BAK)

3.1.2.2. Wein

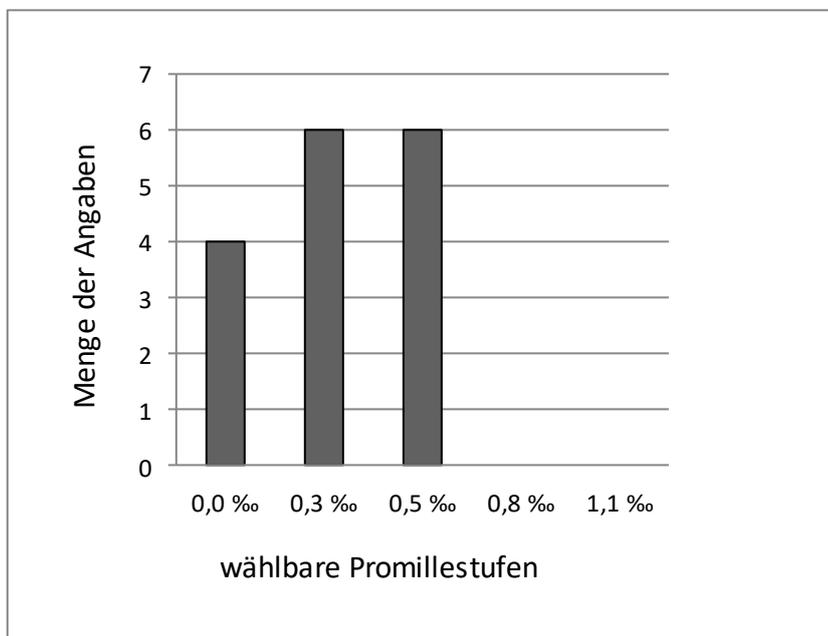


Abbildung 7: Wein 0,3 ‰: "Riechangaben" bei Wein 0,5 ‰ (AAK) / 0,46 ‰ (BAK)

3.1.2.3 Bier

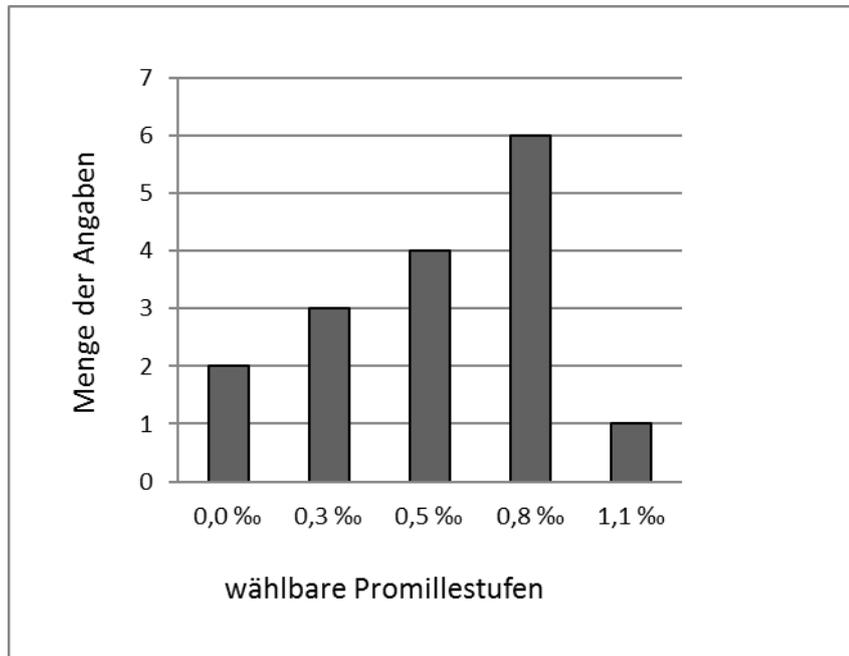


Abbildung 8: Bier 0,3 ‰: "Riechangaben" bei Bier 0,33 ‰ (AAK) / 0,39 ‰ (BAK)

3.1.3. 0,5 ‰

Wodka lag statt der angestrebten 0,5 ‰ mit ca. 0,6 ‰ zwischen 0,5 ‰ und 0,8 ‰. Hierbei entschieden sich jeweils 5 der Probanden für die beiden angrenzenden Werte, sodass 10 Einstufungen als richtig angesehen werden können. Die restlichen 6 Probanden schätzen Wodka zu niedrig ein.

Der tatsächliche Wert von Wein lag ebenfalls höher als gewünscht, in diesem Fall bei ca. 0,65 ‰. 10 der Probanden stufen mit Wahl der angrenzenden Werte die Promillestufe im Rahmen der Auswahlmöglichkeiten tendenziell korrekt ein. Wein wurde neben 2 zu niedrigen Schätzungen 4 Mal zu hoch eingeschätzt.

Orientiert man sich bei Bier dieser Teststufe am gemessenen AKK-Wert, der mit 0,43 ‰ zwischen 0,3 ‰ und 0,5 ‰ liegt, können 7 Ratereinschätzungen als richtig gewertet werden. Hierbei sind 7 Ratereinschätzungen als zu hoch und 2 als zu niedrig zu werten.

Orientiert man sich an dem BAK-Wert von 0,46 ‰, der näher an der 0,5 ‰-Stufe liegt, haben 3 Rater die 0,5 ‰ richtig eingeschätzt und damit 6 Rater zu niedrig sowie 7 Rater zu hoch geschätzt.

3.1.3.1. Wodka

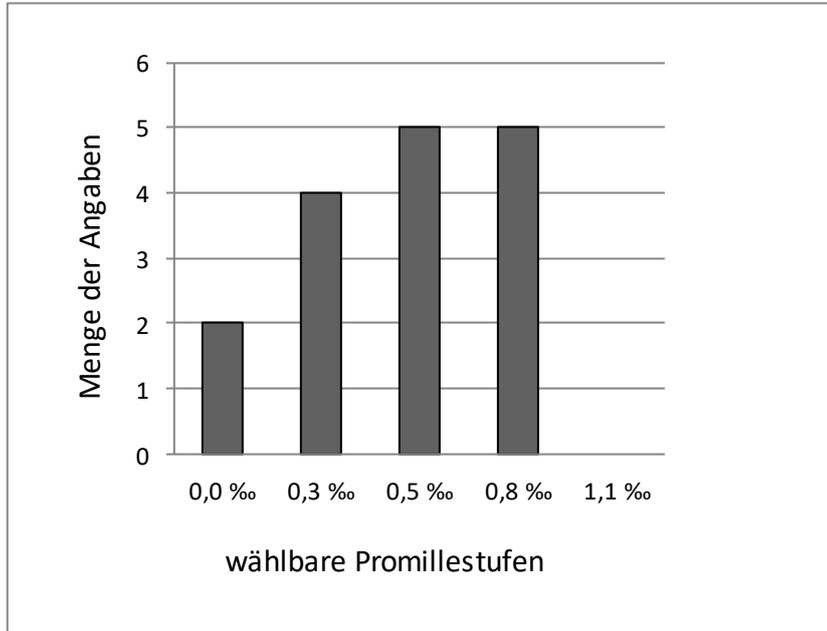


Abbildung 9: Wodka 0,5 ‰: "Riechangaben" bei Wodka 0,63 ‰ (AAK) / 0,59 ‰ (BAK)

3.1.3.2. Wein

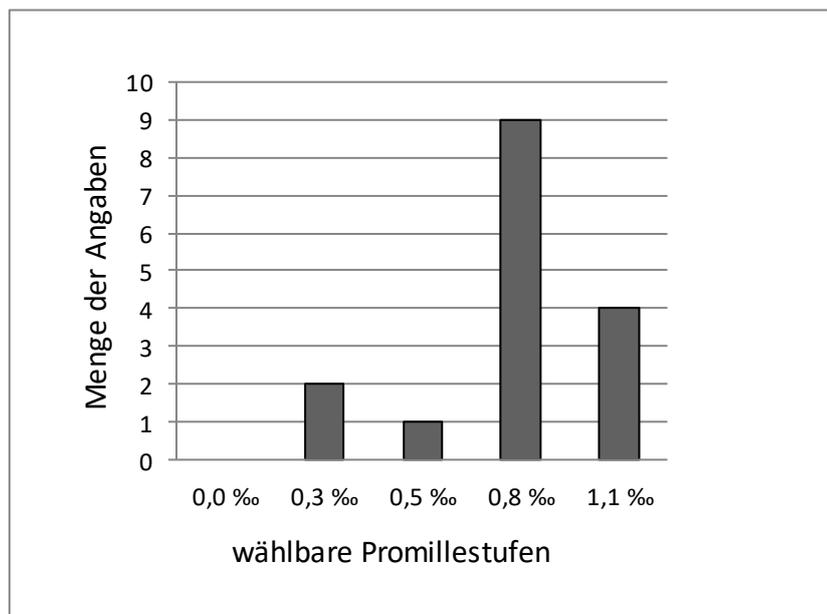


Abbildung 10: Wein 0,5 ‰: "Riechangaben" bei Wein 0,65 ‰ (AAK) / 0,66 ‰ (BAK)

3.1.3.3. Bier

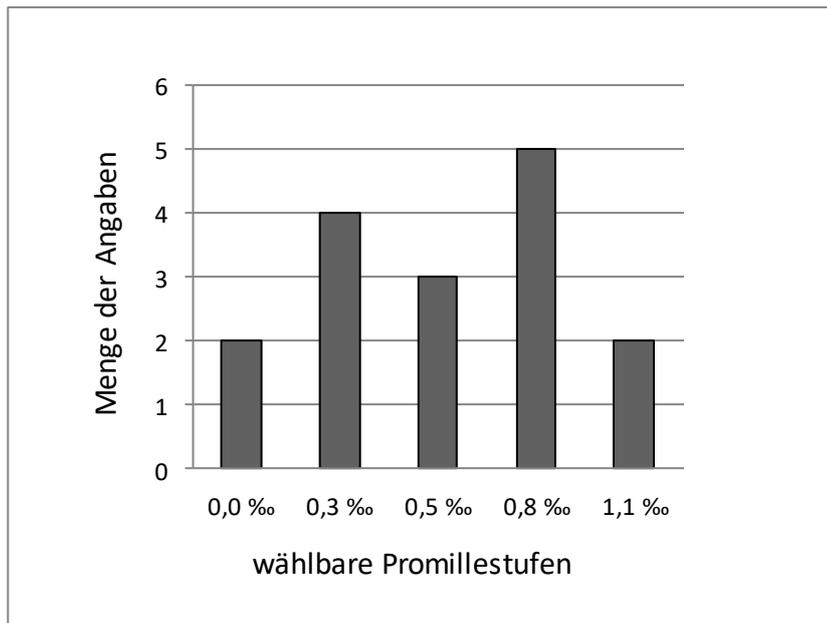


Abbildung 11: Bier 0,5 ‰: "Riechangaben" bei Bier 0,43 ‰ (AAK) / 0,46 ‰ (BAK)

3.1.4. 0,8 ‰

Bei Wodka wurde mit dem AAK-Wert von 0,78 ‰ der angestrebte Wert so gut wie erreicht, der BAK-Wert war mit 0,71 ‰ etwas niedriger als angestrebt.

Anhand des AAK-Wertes sind 3 Rater einschätzungen als richtig, 13 als zu niedrig anzusehen. Hierbei gab es keine zu hohen Schätzungen.

Orientiert man sich an dem BAK-Wert kann man die 0,5 ‰-Schätzungen ebenfalls als korrekt werten. Hierbei sind es 10 richtige und 6 zu niedrige Raterschätzungen.

Der gemessene Weinpromillewert liegt mit sowohl AAK- (0,67 ‰) als auch BAK-Wert (0,70 ‰) zwischen den Stufen 0,5 ‰ und 0,8 ‰. Hiermit sind 11 Raterschätzungen als korrekt, 4 als zu niedrig und 1 als zu hoch zu werten.

Der AAK-Wert von Bier liegt bei 0,75 ‰, der BAK-Wert bei 0,71 ‰.

Wertet man nur 0,8 ‰ als korrekt, haben 3 Rater richtig geschätzt. 11 Rater haben hierbei zu niedrig und 2 zu hoch geschätzt.

Wertet man zusätzlich zu den 0,8 ‰-Einschätzungen die 0,5 ‰-Angaben als korrekt, sind es 8 richtige, 6 zu niedrige und 2 zu hohe Raterschätzungen.

3.1.4.1. Wodka

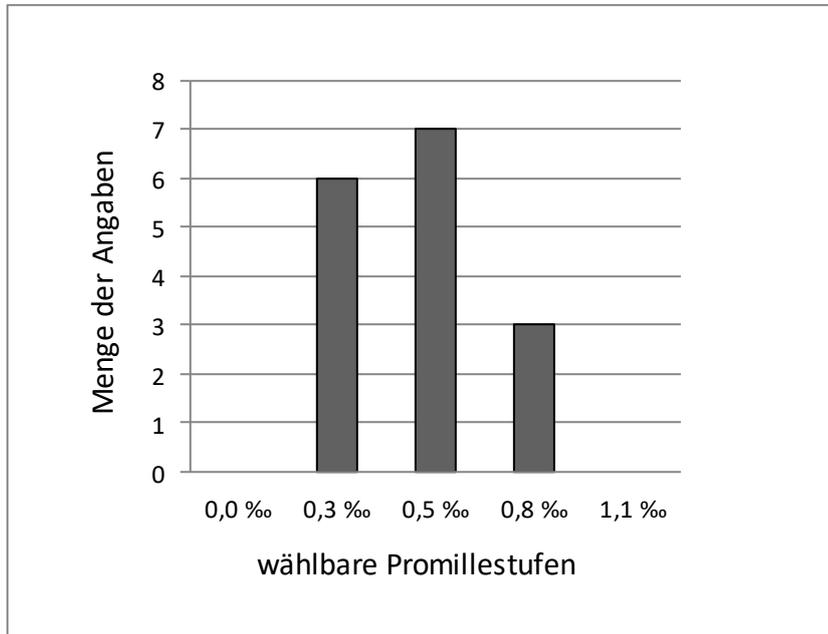


Abbildung 12: Wodka 0,8 ‰: "Riechangaben" bei Wodka 0,78 ‰ (AAK) / 0,71 ‰ (BAK)

3.1.4.2. Wein

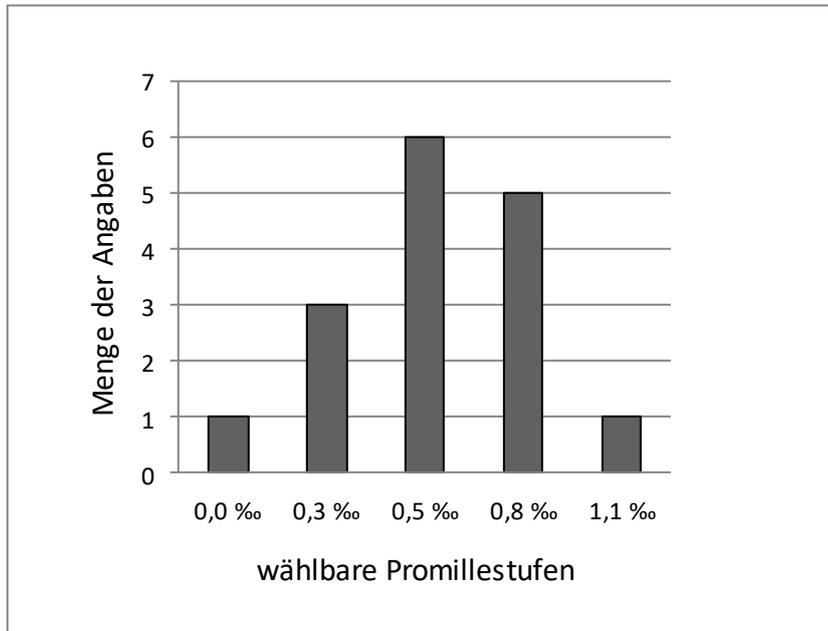


Abbildung 13: Wein 0,8 ‰: "Riechangaben" bei Wein 0,67 ‰ (AAK) / 0,70 ‰ (BAK)

3.1.4.3 Bier

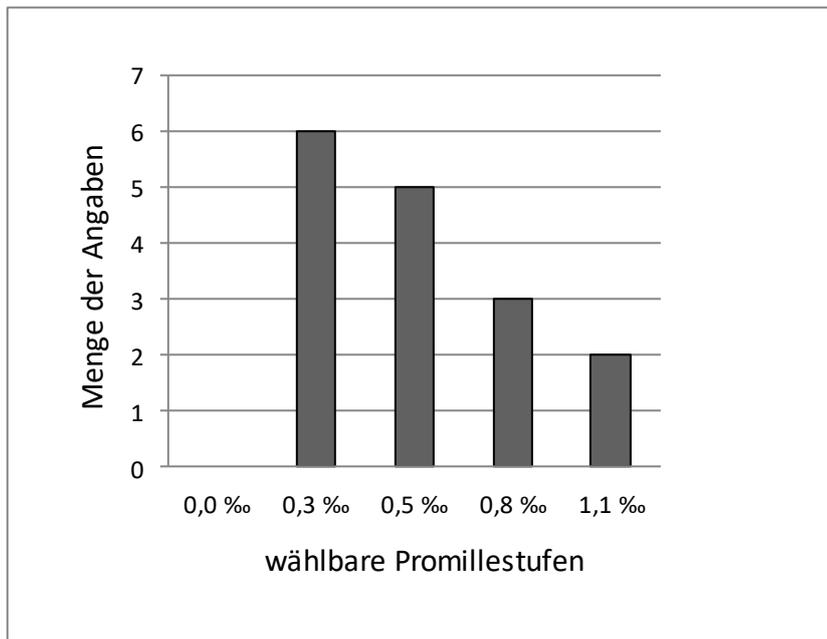


Abbildung 14: Bier 0,8 ‰: "Riechangaben" bei Bier 0,75 ‰ (AAK) / 0,71 ‰ (BAK)

3.1.5. 1,1 ‰

Wodka und Wein erreichten bei den angestrebten 1,1 ‰ beide höhere Messwerte. Beide Getränke wurden größtenteils deutlich niedriger eingeschätzt.

Bei Wodka lag der gemessene AAK-Wert bei 1,16 ‰, der BAK-Wert bei 1,26 ‰.

Wodka schätzte nur ein Rater korrekt. Die restlichen 15 Rater schätzten Wodka zu niedrig ein, wobei mit 7 Ratereinschätzungen 0,5 ‰ am häufigsten geschätzt wurde.

Wein wurde zweimal korrekt geschätzt. Die restlichen 14 Rater schätzen den Promillewert zu niedrig ein. Bei Wein wurde dabei von den meisten – 8 Rater – 0,3 ‰ als Wert angenommen.

Der tatsächliche Bierpromillewert war niedriger als angestrebt und lag mit einem AAK-Wert von 0,77 ‰ sowie einem BAK-Wert von 0,69 ‰ knapp unter der 0,8 ‰ - Stufe.

Wertet man nur 0,8 ‰ als korrekt wären das 1 korrekte, 1 zu hohe und 14 zu niedrige Einschätzungen. Wertet man neben den 0,8 ‰- auch 0,5 ‰-Angaben als korrekt sind es 11 korrekte, 1 zu hohe und 4 zu niedrige Schätzungen.

3.1.5.1. Wodka

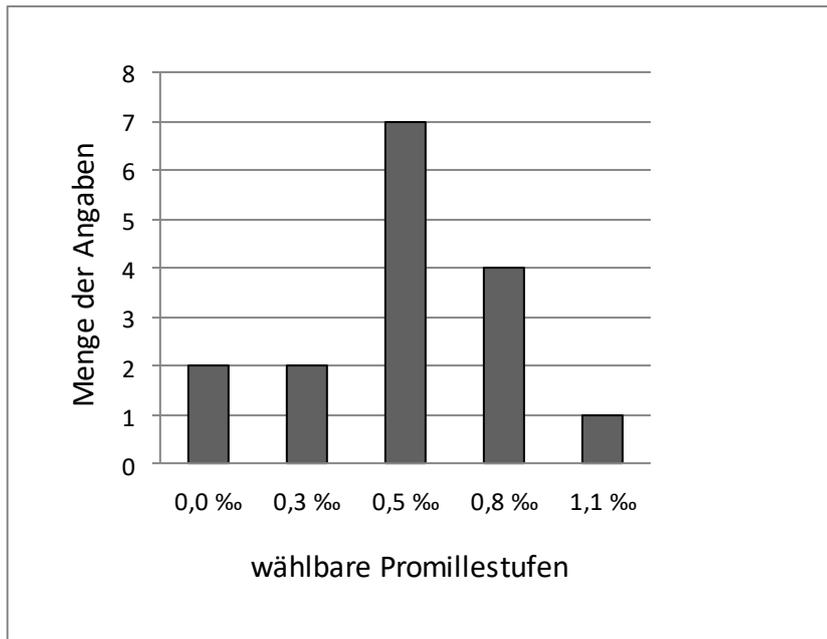


Abbildung 15: Wodka 1,1 ‰: "Riechangaben" bei Wodka 1,16 ‰ (AAK) / 1,26 ‰ (BAK)

3.1.5.2. Wein

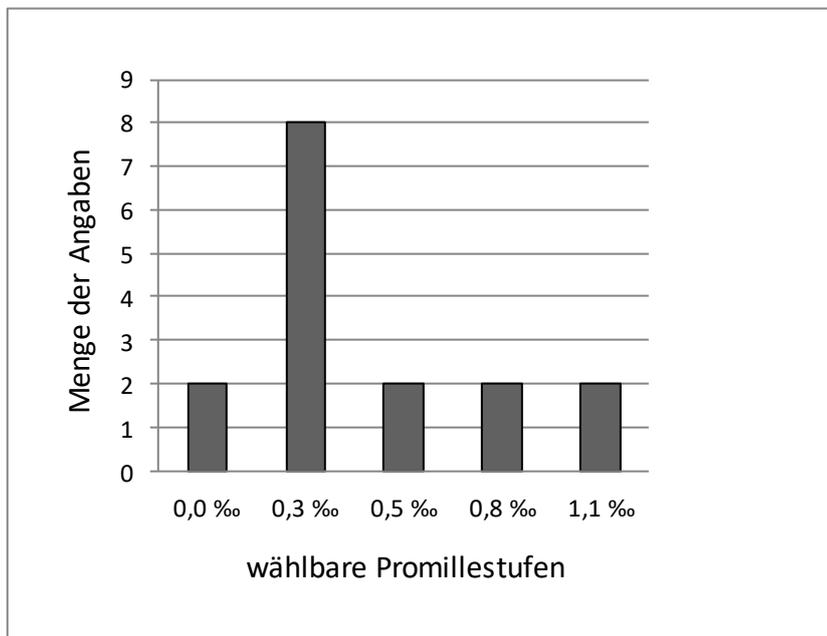


Abbildung 16: Wein 1,1 ‰: "Riechangaben" bei Wein 1,21 ‰ (AAK) / 1,34 ‰ (BAK)

3.1.5.3. Bier

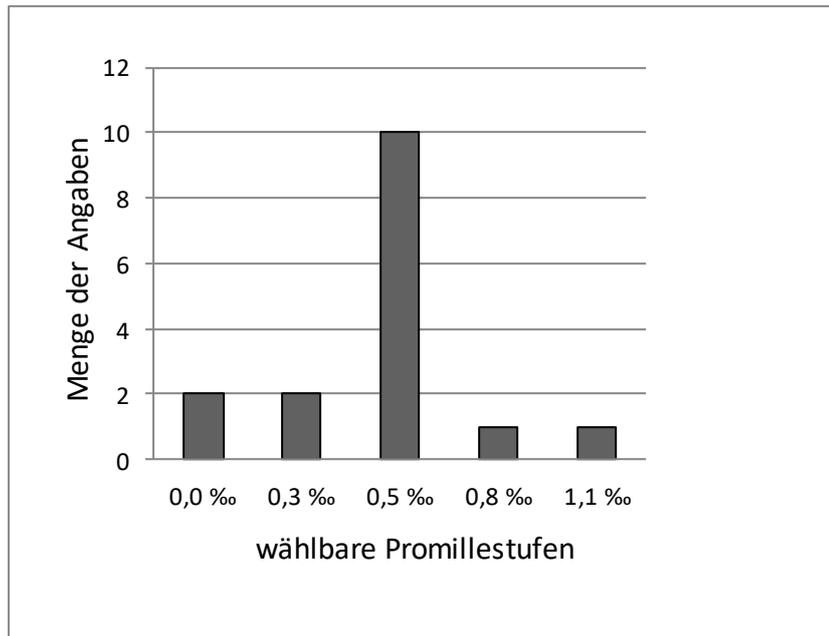


Abbildung 17: Bier 1,1 ‰: "Riechangaben" bei Bier 0,77 ‰ (AAK) / 0,69 ‰ (BAK)

3.1.6. Tabelle: falsch positive u. falsch negative Raterangaben

Die folgende Tabelle zeigt die falsch positiven und falsch negativen Angaben von sowohl den Experten als auch den Laien.

Von 120 Bewertungen der Experten waren 7 falsch positiv. Somit gaben sie bei 5,83 % ihrer Bewertungen bei 0,0 ‰ an eine Alkoholfahne wahrgenommen zu haben. Laien beurteilten 11 von 120 Werten falsch positiv, d.h. 9,17 %. Insgesamt wurden die Kontrollwerte, die 48 Mal beurteilt wurden, 18 Mal falsch positiv gewertet. Es waren somit 37,5 % der Beurteilungen von 0,0 ‰ falsch positiv. Die falsch positiven Angaben der Experten unterschieden sich von denen der Laien mit $p = 0,33$ nicht signifikant voneinander.

Von 120 Bewertungen urteilten die Experten 13 Mal falsch negativ und gaben somit trotz Alkoholfahne 0,0 ‰ an. Dies machte 10,83 % ihrer Bewertungen aus. Die falsch negativen Beurteilungen lagen bei den Laien mit 9 von 120 bei 7,5 % und somit unter denen der Experten. Die falsch negativen Angaben der Experten unterschieden sich von denen der Laien mit $p = 0,37$ jedoch nicht statistisch signifikant voneinander.

Insgesamt waren von 192 Malen bei denen die trinkenden Probanden alkoholisiert waren 22 Beurteilungen und somit 11,46 % der Angaben falsch negativ.

Aufgeschlüsselt auf die einzelnen Getränke waren bei Wodka 9 von 64 Angaben (14,06 %) falsch negativ, bei Wein waren es 7 (10,94 %) und bei Bier 6 (9,38 %). Auch wenn hier die falsch negativen Angaben bei Wodka am höchsten und bei Bier am niedrigsten waren, unterscheiden sich die Getränke nicht signifikant (siehe folgende Auswertung mit SPSS).

Tabelle 6: 3.1.6. Tabelle: falsch positive u. falsch negative Raterangaben

	insgesamt	falsch positiv		falsch negativ	
		Anzahl	%	Anzahl	%
Laien	120	11	9,17	9	7,5
Experten	120	7	5,83	13	10,83
Kontrolle	48	18	37,5		
alle Getränke	192			22	11,46
Wodka	64			9	14,06
Wein	64			7	10,94
Bier	64			6	9,38

3.2. SPSS – Mixed Model Analyse

3.2.1. Grafik Schätzungszuverlässigkeit der Gruppen

Die folgende Grafik zeigt die Schätzungsgenauigkeit der zuvor festgelegten zu unterscheidenden Gruppen im Vergleich.

Hierbei zeigt sich, dass der Anstieg des AAK-Wertes geringer geschätzt wird als er es tatsächlich ist.

Laien zeigen zudem eine geringe Treffergenauigkeit bei den abgegebenen Schätzungen. Die Steigung ihrer Geraden liegt im Mittel deutlich weiter von der Geraden der tatsächlichen Werte entfernt als bei den Experten. Diese Abweichung ist besonders auffällig bei drei Probanden. Einerseits einem männlichen Probanden (Rater 10), dessen Gerade waagrecht

verläuft und damit keinerlei Abhängigkeit von den steigenden Promillewerten zeigt. Zudem gibt es zwei weibliche Laien (Rater 1 und 4), die mit steigenden AAK-Werten niedrigere Schätzungswerte abgegeben haben, deren Gerade somit entgegengesetzt der eigentlichen Richtung verläuft.

Die Schätzungen der Experten sind insgesamt näher an den tatsächlichen Werten. Auch wenn auch hier die Steigungen geringer als der tatsächliche Anstieg der AAK-Werte sind, zeigt sich ein einheitlicheres Bild. Alle Experten haben im Mittel mit steigendem AAK-Wert auch eine Steigerung bewertet und liegen insgesamt mit den Werten näher bei einander.

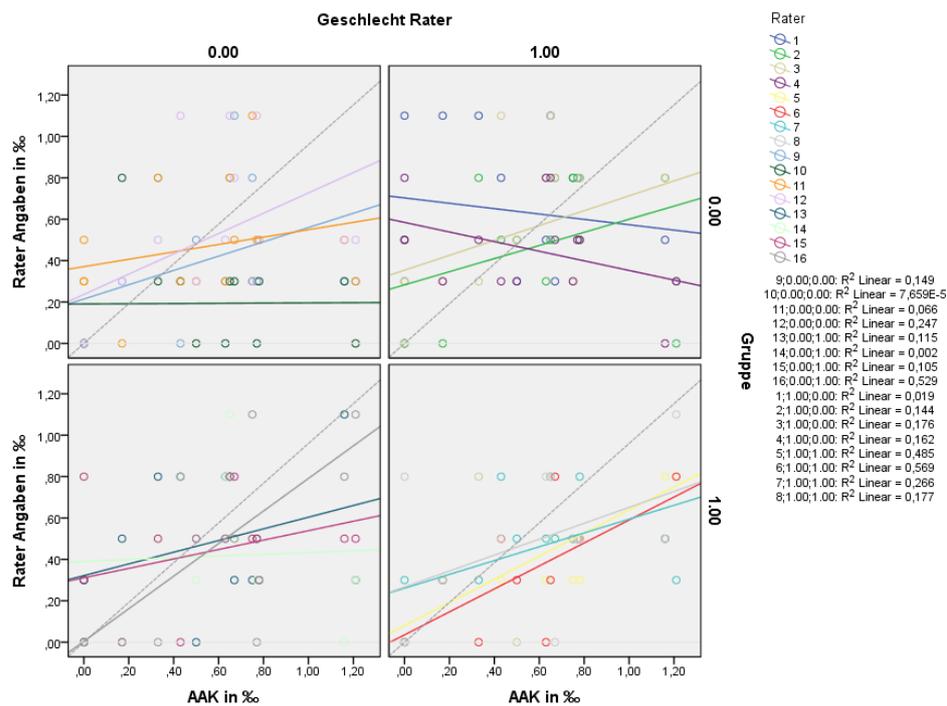


Abbildung 18: Schätzungszerlässigkeit der Gruppen

3.2.2. Effekte – Tabellen

3.2.2.1 Interaktionen der Effekte

Die folgende Tabelle bestätigt den vorherigen Eindruck. Sie zeigt, dass die Interaktion (Profession*AAK) zwischen AAK-Wert und Profession signifikant ($p = 0,014$) ist. Die Vorhersage der Experten unterscheidet sich somit mit steigendem AAK-Wert signifikant von der Vorhersage der Laien.

Tabelle 7: Tests vom Typ III auf feste Effekte^a - Auszug mit Klartext, vollständige Tabelle siehe Anhang 14

Quelle	df für Zähler	df für Nenner	F	Signifikanz (p)
Konstanter Term	1	15,311	34,527	,000
Getränk	3	14,985	2,754	,079
Geschlecht	1	15,665	1,792	,200
Profession	1	92,601	6,287	,014
AAK	1	14,985	,719	,410
Geschlecht * Profession	1	15,665	4,476	,051
Profession * AAK	1	209,174	6,094	,014

a. Abhängige Variable: RpromC.

3.2.2.2. Einschätzung des AAK-Anstiegs

Die folgende Tabelle zeigt die Veränderung der Geruchsvorhersage durch höhere AAK-Spiegel. Wie schon zuvor in den Grafiken erkennbar wird der Promilleanstieg deutlich geringer geschätzt als er es tatsächlich ist. Bei den Laien fällt dieser Wert mit 0,019 ‰ ($0.21 + (-0.229) = -0.019$) sehr niedrig aus und unterscheidet sich signifikant ($p = 0,014$) vom Wert der Experten. Laien sind somit kaum in der Lage einen Anstieg des Promillewertes zu erkennen.

Tabelle 8: Schätzungen von festen Effekten^a - Auszug mit Klartext, vollständige Tabelle siehe Anhang 15

Parameter	Schätzung	Standardfehler	df	t	Sig.	95% Konfidenzintervall	
						Untergrenze	Obergrenze
Konstanter Term	,287438	,103595	20,949	2,775	,011	,071969	,502906
[Nüchternkontrollwerte]	-,194017	,113572	14,985	-1,708	,108	-,436111	,048077
[Bier]	,096910	,078315	14,985	1,237	,235	-,070029	,263849
[Wein]	,072770	,077668	14,985	,937	,364	-,092791	,238331
[Wodka]	0 ^b	0	.	.	.	.	.
[Geschlecht = männlich]	,030000	,054587	15,665	,550	,590	-,085922	,145922
[Geschlecht = weiblich]	0 ^b	0	.	.	.	.	.
[Profession = Laie]	,239825	,073951	50,203	3,243	,002	,091305	,388346
[Profession = Experte]	0 ^b	0	.	.	.	.	.
AAK	,210157	,121723	20,505	1,727	,099	-,043351	,463665
[Geschlecht = männlich] * [Profession = Laie]	-,163333	,077198	15,665	-2,116	,051	-,327271	,000604
[Geschlecht = männlich] * [Profession = Experte]	0 ^b	0	.	.	.	.	.
[Geschlecht = weiblich] * [Profession = Laie]	0 ^b	0	.	.	.	.	.
[Geschlecht = weiblich] * [Profession = Experte]	0 ^b	0	.	.	.	.	.
[Profession = Laie] * AAK	-,229488	,092962	209,17 4	-2,469	,014	-,412752	-,046225
[Profession = Experte] * AAK	0 ^b	0	.	.	.	.	.

a. Abhängige Variable: RpromC.

b. Dieser Parameter wurde auf den Wert Null gesetzt, da er redundant ist.

3.2.2.3. Vergleichsuntersuchungen

3.2.2.3.1. Vergleich der Ratergruppen – Unterschiede innerhalb der Gruppen Laien/Experten

Bei Laien geben Männer signifikant niedrigere Promilleeinschätzungen ab als Frauen ($p = 0,027$). Dieser Schätzungsunterschied besteht bei Experten nicht.

Tabelle 9: Paarweise Vergleiche^a - Gruppen Laien/Experten - Auszug mit Klartext, vollständige Tabelle siehe Anhang 16

Gruppe	(I) Geschlecht Rater	(J) Geschlecht Rater	Mittelwertdifferenz (I-J)	Standardfehler	df	Sig. ^b	95% Konfidenzintervall für Differenz ^b	
							Untergrenze	Obergrenze
Laie	männlich	weiblich	-,133*	,055	15,665	,027	-,249	-,017
	weiblich	männlich	,133*	,055	15,665	,027	,017	,249
Experte	männlich	weiblich	,030	,055	15,665	,590	-,086	,146
	weiblich	männlich	-,030	,055	15,665	,590	-,146	,086

Basierend auf geschätzten Randmitteln

a. Abhängige Variable: RpromC.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: geringste signifikante Differenz (entspricht keinen Anpassungen).

*. Die Mittelwertdifferenz ist auf der Stufe .05 signifikant.

3.2.2.3.2. Vergleich der Ratergruppen – Unterschiede innerhalb der Gruppen

Männlich/Weiblich

Weibliche Laien sagen signifikant ($p = 0,049$) höhere Werte vorher als weibliche Experten.

Bei den männlichen Ratern ist kein signifikanter Unterschied vorhanden. Diese Werte sind unabhängig von der tatsächlich getrunkenen Menge.

Tabelle 10: Paarweise Vergleiche^a - Gruppen Männlich/Weiblich - Auszug mit Klartext, vollständige Tabelle siehe Anhang 17

Geschlecht Rater	(I) Gruppe	(J) Gruppe	Mittelwertdifferenz (I-J)	Standardfehler	df	Sig. ^b	95% Konfidenzintervall für Diferenz ^b	
							Untergrenze	Obergrenze
männlich	Laie	Experte	-,047	,055	15,665	,405	-,163	,069
	Experte	Laie	,047	,055	15,665	,405	-,069	,163
weiblich	Laie	Experte	,117*	,055	15,665	,049	,001	,233
	Experte	Laie	-,117*	,055	15,665	,049	-,233	-,001

Basierend auf geschätzten Randmitteln

a. Abhängige Variable: RpromC.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: geringste signifikante Differenz (entspricht keinen Anpassungen).

*. Die Mittelwertdifferenz ist auf der Stufe .05 level signifikant.

3.2.2.3.3. Vergleich der Getränkeklassen

Die folgenden Angaben sind unabhängig von Alkoholmenge, Geschlecht oder Expertenstatus der Probanden.

Die folgende Tabelle zeigt inwieweit sich die verschiedenen Getränke sowie die Kontrollen durch unterschiedliche Schätzungen voneinander unterscheiden lassen und ob diese Unterscheidung in der Schätzung signifikant ist.

Es zeigt sich, dass die Kontrollen signifikant niedriger als Bier ($p = 0,014$) und Wein ($p = 0,041$) geschätzt wurden. Wodka hingegen ist mit $p = 0,108$ nicht signifikant abgrenzbar gewesen.

Die Unterscheidung der Getränke untereinander ist durch dieses Experiment nicht signifikant belegbar (p -Werte $> 0,05$).

Tabelle 11: Paarweise Vergleiche^a der Getränkeklassen - Auszug mit Klartext, vollständige Tabelle siehe Anhang 18

(I) Getränk	(J) Getränk	Mittelwertdifferenz (I-J)	Standardfehler	df	Sig. ^b	95% Konfidenzintervall für Differenz ^b	
						Untergrenze	Obergrenze
Kontrolle	Bier	-,291*	,105	14,985	,014	-,515	-,067
	Wein	-,267*	,119	14,985	,041	-,521	-,013
	Wodka	-,194	,114	14,985	,108	-,436	,048
Bier	Kontrolle	,291*	,105	14,985	,014	,067	,515
	Wein	,024	,080	14,985	,767	-,147	,195
	Wodka	,097	,078	14,985	,235	-,070	,264
Wein	Kontrolle	,267*	,119	14,985	,041	,013	,521
	Bier	-,024	,080	14,985	,767	-,195	,147
	Wodka	,073	,078	14,985	,364	-,093	,238
Wodka	Kontrolle	,194	,114	14,985	,108	-,048	,436
	Bier	-,097	,078	14,985	,235	-,264	,070
	Wein	-,073	,078	14,985	,364	-,238	,093

Basierend auf geschätzten Randmitteln

a. Abhängige Variable: RpromC.

b. Anpassung für Mehrfachvergleiche: geringste signifikante Differenz (entspricht keinen Anpassungen).

*. Die Mittelwertdifferenz ist auf der Stufe .05 signifikant.

3.2.2.3.4. Vergleichsuntersuchungen – grafische Zusammenfassung

Diese Grafik visualisiert die Effekte aus den vorherigen Tabellen. Bei Laien steigt die Vorhersage des Geruchs trotz steigender AAK-Werte nicht, erkennbar an den waagerechten Geraden. Experten erkennen den Anstieg der AAK-Werte, jedoch nur in geringerem Ausmaß als tatsächlich vorhanden. Bei beiden Gruppen werden die niedrigen Werte dabei zu hoch und die hohen Werte zu niedrig geschätzt.

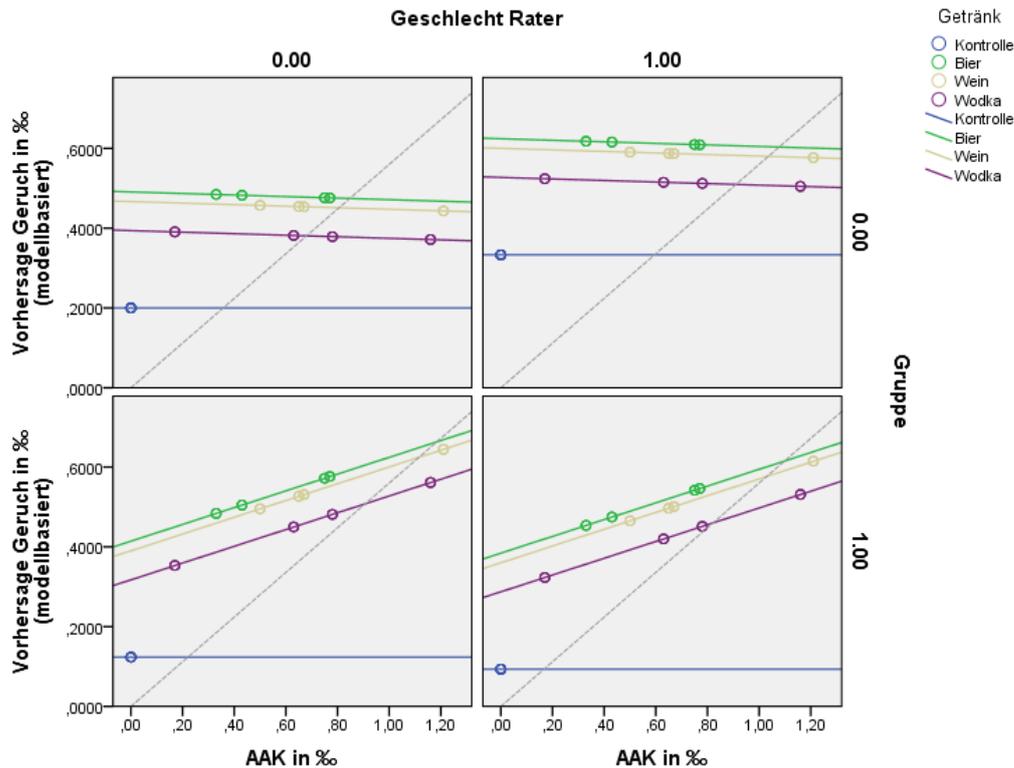


Abbildung 19: Geschätzte Randmittel – grafische Zusammenfassung

3.2.3. Prognosefehleranalyse

3.2.3.1. Variabilität der einzelnen Rater

Die folgende Abbildung zeigt die Fehler der einzelnen Rater. Es zeigt sich, dass die Fehlerrate der einzelnen Rater sehr unterschiedlich ausfällt.

Während z.B. Rater 1, 4 und 10 (Laien) eine hohe Fehlerrate aufweisen, sind die Schätzungen der Rater 6,7 und 16 (Experten) deutlich zuverlässiger.

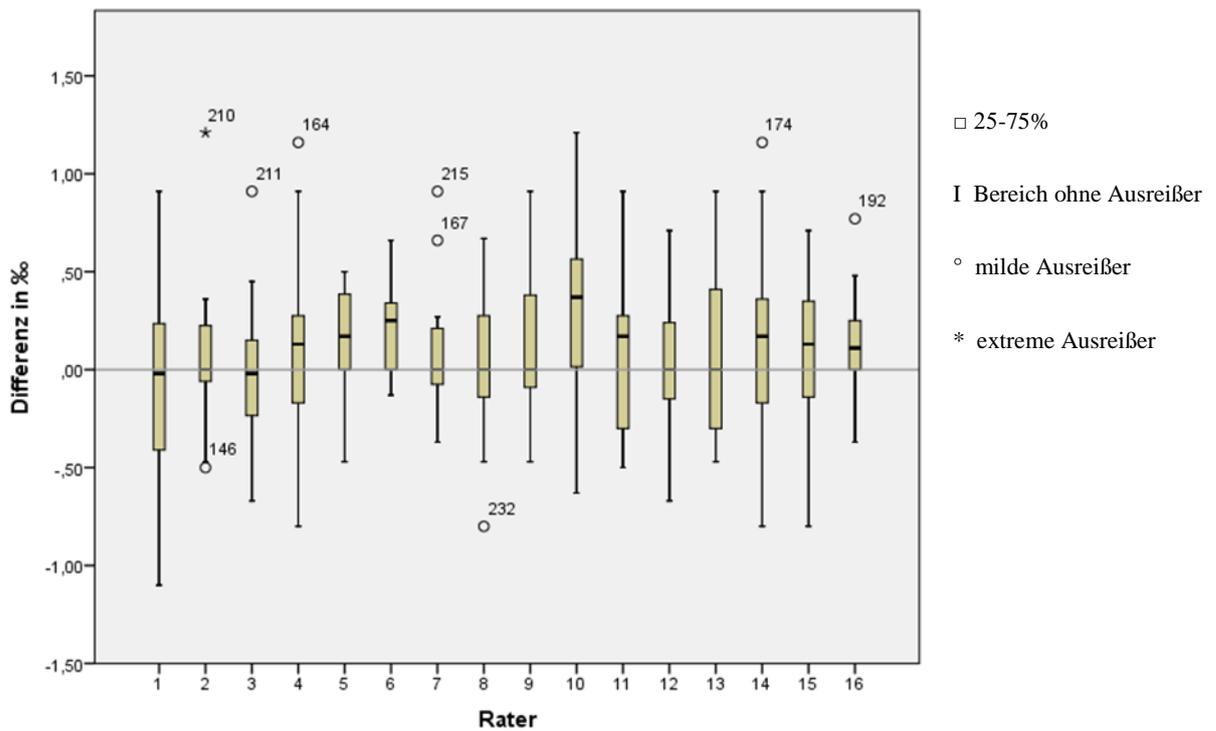


Abbildung 20: Boxplot, Variabilität der einzelnen Rater

3.3. Auswertung der Fragebögen

Die Auswertung der Fragebögen ergab aufgrund von hierfür zu geringer Gruppengröße und zu unterschiedlichen Angaben keine verwertbaren Daten.

4. Diskussion

4.1. Studienergebnisse im Kontext

In dieser Studie wurde die Beurteilbarkeit der Atemalkoholkonzentration anhand der Alkoholfahne untersucht.

Einerseits sollte hierbei festgestellt werden ob und in welchem Grade Menschen, die durch ihren Beruf häufig Alkoholfahnen einschätzen und damit als Experten hierfür gelten (hier Rechtsmediziner), sich dabei von diesbezüglichen Laien unterscheiden. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Einschätzung der Alkoholfahne möglich ist. Laien waren überhaupt nicht in der Lage Alkoholfahnen richtig einzuschätzen. Ihre Angaben waren eher zufällig und nicht passend zu den tatsächlichen Atemalkoholkonzentrationen. Experten hingegen waren in der Lage die Atemalkoholkonzentration zumindest in der Tendenz richtig einzuschätzen und unterschieden sich damit signifikant von der Einschätzung der Laien, auch wenn sie niedrige Atemalkoholkonzentrationen teilweise zu hoch und hohe teilweise zu niedrig einschätzen.

Es stellte sich weiter die Frage inwieweit Männer und Frauen die Alkoholfahne unterschiedlich beurteilen und das Geschlecht somit Einfluss auf die Einschätzung hat. In der Expertengruppe zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den männlichen und weiblichen Ratern. Bei den Laien hingegen beurteilten die Frauen die Atemalkoholkonzentration signifikant höher als Männer. Der Einfluss des Geschlechts des Raters relativiert sich somit anscheinend durch den mit dem „Expertenstatus“ einhergehenden beruflichen „Trainingszustand“.

Der dritte Hauptaspekt dieser Studie ist der Einfluss der unterschiedlichen alkoholischen Getränke auf die Wahrnehmbarkeit der Atemalkoholkonzentration über die Alkoholfahne. Hierbei gelten vor allem die unterschiedlichen Begleitstoffprofile als mögliche Einflussfaktoren, die im Verdacht stehen zu unterschiedlich starker Ausprägung der Alkoholfahne bei gleichen AAK bzw. BAK-Werten zu führen. Signifikante Unterschiede zwischen den drei untersuchten, in der Bevölkerung gängigen und häufig konsumierten alkoholischen Getränken Bier, Wein und Wodka konnten in dieser Studie nicht gefunden werden. Es zeigte sich jedoch, dass sich Wodka im Gegensatz zu Bier und Wein nicht signifikant von den Kontrollen unterschied. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass der Begleitstoffgehalt doch eine Rolle bei der Wahrnehmung der Alkoholfahne spielt und in einer Studie mit einer größeren Probandengruppe oder mit Getränken mit einem deutlich

ausgeprägteren Begleitstoffprofil signifikante Unterschiede gefunden werden könnten. Sollte dies jedoch nicht der Fall sein und würden sich die alkoholischen Getränke generell nicht signifikant voneinander unterscheiden, würde dies bedeuten, dass die Beurteilung der Alkoholfahren für Experten recht gut vergleichbar wäre, zumindest deutlich vergleichbarer als bei unterschiedlichen Effekten durch unterschiedliche Getränke.

In den folgenden Diskussionsabschnitten werden die vorliegenden Studienergebnisse unter dem Aspekt der aktuellen Relevanz sowie möglicher Erklärungsansätze sowie weiterer beeinflussender Kriterien beleuchtet. Es wird jeweils erwähnt auf welchen Aspekt der Studienergebnisse sich die Erkenntnisse aus anderen Studien auswirken und soweit möglich versucht Ansätze für weitere Studien zur Alkoholfahrenbeurteilung abzuleiten. Zudem werden Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung der Einschätzungsfähigkeit von Alkoholfahren aufgezeigt.

Hierbei wird auf die aktuelle Relevanz des besseren Abschneidens der Experten (siehe Abschnitt 4.2.), den Einfluss des individuellen Riechvermögens auf die Beurteilungsfähigkeit der Alkoholfahne sowie auf das individuelle Riechvermögen beeinflussende Faktoren (siehe Abschnitt 4.3.), die Trainierbarkeit der olfaktorischen Funktion in anderen Bereichen (siehe Abschnitt 4.4.) sowie die Beurteilbarkeit der verschiedenen alkoholischen Getränke (siehe Abschnitt 4.5.) eingegangen.

4.2. Einschätzung Alkoholfahne – Relevanz

Es stellte sich die Frage nach der Einschätzungsfähigkeit der Alkoholfahne von Experten im Vergleich zu Laien, vor allem unter dem Aspekt der Bedeutung von Zeugenaussagen vor Gericht. Diese Studie zeigt, dass Laien in der Regel nicht in der Lage sind, Alkoholfahren richtig einzuschätzen¹. Experten hingegen können die AAK anhand der Alkoholfahne einschätzen, auch wenn sie niedrige Alkoholisierungen tendenziell unter- und hohe überschätzen. Experten sind dabei signifikant besser als Laien. Nur bei den Laien gaben Frauen im Schnitt signifikant höhere Atemalkoholkonzentrationen an als Männer. In der Gruppe der Experten hatte das Geschlecht keinen signifikanten Einfluss auf die Beurteilung der Alkoholfahne. Die Ergebnisse zeigen, dass Aussagen von Laien, wenn sie ihre Einschätzung rein auf die Alkoholfahne beziehen, wenig Aussagekraft haben.

¹ Es kann natürlich Ausnahmen geben.

Experteneinschätzungen hingegen sind qualitativ höher einzuschätzen. Ihren Einschätzungen könnte daher vor Gericht mehr Bedeutung beigemessen werden. Diese Studienergebnisse haben daher – insbesondere im Straf- wie vor allem im Verkehrsrecht – nach wie vor eine Relevanz.

Vor der Entwicklung des AAK-Tests wurde von Polizisten „Anhauchen“ regelmäßig als Vortest durchgeführt, gehöre jedoch nach Einführung des AAK-Test der Vergangenheit an, da Aroma-, Begleit- und Abbaustoffe der aufgenommenen Getränke sowie Erkältungskrankheiten oder Störfaktoren wie Nikotin, Knoblauch und zerkaute Kaffeebohnen den Geruchseindruck verfälschen könnten und würde lediglich vereinzelt immer noch von einigen Polizeibeamten als persönlicher, einfacher und schneller Vortest praktiziert [66].

Es ist aber zweifellos unstrittig, dass von der spontanen Wahrnehmung von Alkoholgeruch in der Atemluft einer Person in der Praxis weitere polizeiliche Maßnahmen abhängen (z.B. Durchführung der AAK-Probe). Die Realität vor Gericht ist zudem, dass häufig weder BAK- noch AAK-Werte bei Gerichtsverhandlungen vorliegen und u.a. zur Beurteilung der Schuldfähigkeit nur Zeugenaussagen, sowohl durch Experten wie Polizisten sowie durch Laien, vorhanden sind. Aufgrund der zu Beginn dieser Studie neuerdings konsequenten Umsetzung des Richtervorbehalts in Hamburg hat sich diese Situation noch verschärft. Es kann somit geboten sein, die Fähigkeit zur Einschätzung des Alkoholgrades dieser Personen abzuschätzen um sie richtig einordnen zu können.

Die Forderung der CDU nach Abschaffung des Richtervorbehalts und Verlagerung der Anordnungscompetenz auf Staatsanwaltschaft und Polizei [28] sowie die Unterstützung seitens des Bundesvorstands der Gewerkschaft der Polizei [27] hierzu aus 2014 zeigen die Aktualität der Problematik.

Der Einfluss von Ethanol hat nach wie vor eine besondere Relevanz im Straf- sowie vor allem im Verkehrsrecht (§§315c, 316 StGB; §24a StVG). Hierbei geht es einerseits um die Schuldfähigkeit sowie andererseits um das Fahren unter Alkoholeinfluss als Ordnungswidrigkeit sowie als Straftat.

Besonders Verkehrsunfälle unter der Einwirkung von Alkohol stellen ein großes Problem dar [4, 6, 8, 10, 13] [23]. Ausführlichere Angaben zu den Statistiken siehe Abschnitt 1.2.1.5.

Dies ist der Fall obwohl sowohl der *Absatz* als auch der *Verbrauch* von alkoholischen Getränken in Deutschland teilweise über die letzten Jahre in der Tendenz rückläufig waren [1-3, 5, 7, 9, 11, 12, 14]. Ausführlichere Angaben zu den Statistiken siehe Abschnitt 1.2.1.5.

Die Einschätzung des Alkoholisierungsgrades geschieht in der Regel durch eine Kombination von Ausfallerscheinungen, Verhaltensauffälligkeiten, Alkoholfahne und – wenn vorhanden – beobachtetem Alkoholkonsum.

Sie wird durch Ablenkungsfaktoren wie z.B. Hektik vor Ort durch die gerichtsrelevante Situation, Gewaltbereitschaft sowie Notwendigkeit der Versorgung von Verletzten bei Gewaltdelikten sowie anderen Gerüchen vor Ort erschwert.

Die Beurteilungsfähigkeit von Laien kann zudem durch etwaigen eigenen Alkoholkonsum und somit einerseits Abnahme der Einschätzungsfähigkeit [73] sowie eigene Alkoholfahne beeinträchtigt sein.

Zudem sind gerade Personen, die häufiger Alkohol konsumieren, mit einem gewissen „Training“ gut adaptiert und weisen deutlich weniger Ausfallerscheinungen auf bzw. können diese auch besser kaschieren [73].

Im Hinblick auf die Einführung des ICD-11 zur Codierung wurden in einer Studie aus 2014, die mit Patienten aus 17 Ländern durchgeführt wurde, zwei Einteilungsbögen, die einen Zusatz zu ICD-10 Codes zur besseren Einschätzung von Morbidität und Mortalität darstellen, hinsichtlich ihrer Effektivität verglichen [18]. Y90 erhebt dabei Blut- und Atemalkoholwerte, Y91 stellt eine klinische Intoxikationseinschätzung dar. Der Erhebungsbogen zur *klinischen Intoxikationseinschätzung* war hinsichtlich der Vorhersageeffektivität überlegen [18]. Er erhebt unter anderem den „Geruch nach Alkohol“, welcher sich als ein wichtiger prognostischer Faktor im klinischen Intoxikationseinschätzungsbogen herausstellte. Hierbei war Geruch nach Alkohol vor allem bei an Alkohol gewöhnten Patienten ein wichtiger Faktor, da dieser im Gegensatz zu den meisten Ausfallerscheinungen nicht durch Gewöhnung entfiel [18]. Dementsprechend ist der „Geruch nach Alkohol“ zumindest ein eigenständiger prognostischer Faktor im klinischen Setting. Es gab dennoch keine signifikante Korrelation zu den Y90-Werten, auch wenn sich die Werte von der Alkoholfahne deutlich von denen der anderen erhobenen Faktoren abhoben. Dies mag an dem klinischen Setting sowie den wechselnden Untersuchern und den wechselnden Rahmenbedingungen in den verschiedenen Kliniken/Ländern liegen. Zudem wurden teilweise nur AAK, teilweise nur BAK und teilweise

beide Parameter erhoben. Dennoch ist die Tendenz zu erkennen gewesen und eine besondere Wertstellung von „einem Geruch nach Alkohol“ im Rahmen der klinischen Einschätzung zur Prognosestellung nahegelegt worden.

Die vorgelegte Studie zeigt, dass Experten in der Lage sind, einen Intensitätsanstieg des Alkoholgeruchs wahrzunehmen, auch wenn sie diesen zu gering einschätzen. Laien hingegen sind nicht in der Lage diesen Anstieg wahrzunehmen. Bei niedrigem AAK-Wert wird die Alkoholisierung tendenziell zu hoch eingeschätzt, hohe AAK-Werte wiederum werden unterbewertet. Dies trifft auch auf die Experten zu, jedoch in deutlich geringerem Maße als bei den Laien. Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Ratern sind in der Expertengruppe nicht signifikant. In der Laiengruppe schätzten die männlichen Rater im Schnitt die Atemalkoholkonzentrationen etwas niedriger ein als die weiblichen Rater.

Zusammen mit den beobachteten Ausfallerscheinungen sind somit die Angaben von Experten zu Alkoholfahnen eine zumindest in der Tendenz gute Möglichkeit den Alkoholisierungsgrad einer Person einzuschätzen, wenn keine AAK- oder BAK-Werte vorliegen.

Aussagen von Laien haben hingegen wenig Aussagekraft, wenn sie ihre Einschätzung rein auf die Alkoholfahne beziehen. Sie können anhand der auftretenden Ausfallerscheinungen zwar dennoch zur Einschätzung des Alkoholisierungsgrades beitragen. Unter Berücksichtigung der Adaptation von Vieltrinkern und der damit teilweise nur mäßigen Aussagekraft der Ausfallerscheinungen ist dies jedoch nur in begrenztem Maße hilfreich.

Somit sind Laienaussagen bezüglich des Alkoholisierungsgrades vermutlich lediglich hilfreich, wenn sie den Alkoholkonsum beobachtet haben und somit genauere Angaben zu Menge und Getränkeart machen können.

Experteneinschätzungen hingegen sind qualitativ höher einzuschätzen. Ihren Einschätzungen könnte daher vor Gericht mehr Bedeutung beigemessen werden. Diese Studienergebnisse haben daher – insbesondere im Straf- wie vor allem im Verkehrsrecht – nach wie vor eine Relevanz.

4.3. Individuelles Riechvermögen

Das individuelle Riechvermögen ist von verschiedenen Faktoren abhängig. In der Literatur ist als ein möglicher Faktor das Geschlecht beschrieben. Diese Studie zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Experten beim Einschätzungsvermögen der Alkoholfahne. Lediglich in der Gruppe der Laien traten signifikante Unterschiede auf. So schätzten weibliche Laien die AAK signifikant höher als männliche Laien. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass sich durch den überwiegenden Effekt des Trainings (siehe Abschnitt 4.4.) geschlechtsspezifische Unterschiede relativieren.

Aufgrund der häufig angenommenen besseren olfaktorischen Fähigkeiten von weiblichen Probanden werden in vielen Studien hinsichtlich olfaktorischer Funktion und Trainierbarkeit Probandengruppen untersucht, die so gewählt wurden, dass man einen geschlechtsspezifischen Effekt feststellen bzw. ausschließen kann, in einem Review wurden Frauen dabei als generell sensitiver für Gerüche beschrieben [34]. Eine Studie zeigte [36], dass Frauen besser in der olfaktorischen Beurteilung waren, andere Studien [24, 38, 54, 55, 58] hingegen konnten keinen geschlechtsspezifischen Unterschied feststellen. Eine weitere Studie [47] zeigte „geschlechtsspezifische Unterschiede“, ohne dass dies näher differenziert wird.

In einer fMRT (= funktionelle Magnetresonanztomographie) - Studie zeigte sich, dass bei Frauen beim Benennen von Düften im orbitofrontalen Kortex die Aktivitäten stärker ausgeprägt waren [70].

Hyperosmie wird zudem mit Schwangerschaft und Hyperemesis gravidarum in Verbindung gebracht wird, obwohl es nicht sicher ist, ob es eine echte Hypersensitivität oder eine simple Reaktivität darstellt [34].

Studien, die keine geschlechtsspezifischen Effekte zeigten, fanden teilweise als signifikante Ergebnisse Trainingseffekte (siehe 4.4.).

Das Alter wird als ein die olfaktorische Funktion beeinflussender Faktor genannt [34].

Hummel et al. [47] testeten den Einsatz der Sniffin‘ Sticks zur Beurteilung des individuellen Riechvermögens und legten aufgrund ihrer Ergebnisse unterschiedliche Grenzwerte für verschiedene Altersstufen fest, die die Grenze zwischen Hyposmie und Normosmie darstellten. Diese Grenze wurde als 10. Perzentile des TDI-Scores („threshold-discrimination-

identificaton“ – Wert, d.h. Schwellenwert-Diskrimination-Identifikation”; die Ergebnisse der drei Tests werden zusammenaddiert) festgelegt und lag bei unter 15jährigen bei 24,9, bei 16 bis 35jährigen bei 30,3, bei 36 bis 55jährigen bei 27,3 und bei Personen über 55 Jahre bei 19,6. Hierbei sind hohe Werte besser als niedrigere. Es zeigte sich somit, dass Personen zwischen 16 bis 35 bei Normosmie die besten Werte erreichten. Das Riechvermögen erreicht demnach in dieser Altersphase seinen Höhepunkt und nimmt danach wieder ab.

Altersspezifische Effekte wurden in vielen Studien zur olfaktorischen Funktion ebenfalls untersucht. Es zeigte sich dabei ein Einfluss des Alters auf die olfaktorische Funktion [47, 68, 71]. In einer dieser Studien waren mehr als 50 % der Varianz im Testpunkt Identifikation auf das Alter zurückzuführen [68]. Eine Studie zeigte altersabhängige Effekte für Identifikation und Diskrimination, aber nicht für Schwellenwerte (Sensitivität) [71]. Bei Studien mit einem großen Probandenkollektiv, bei denen ohne Training lediglich die Effekte von Alter und Geschlecht der Probanden untersucht wurden, traten signifikante alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede auf [36, 47]. Bei unter 65jährigen hatten lediglich 2 % der Bevölkerung chronische olfaktorische Probleme, zwischen 65 und 80 Jahren waren es 50 % und bei über 80jährigen waren über 75 % der Bevölkerung betroffen [36]. Eine mögliche Erklärung ist eine Demyelinisierung der Axone mit zunehmendem Alter. Dennoch zeigen die meisten Studien zur olfaktorischen Funktion bei Trainingseffekten sowie zur Fähigkeit von blinden Probanden keine altersspezifischen Effekte [30, 38, 54, 58].

In der vorgelegten Studie wurden altersspezifische Effekte nicht untersucht. Das Durchschnittsalter der Gruppe der Experten war tendenziell höher als in der Gruppe der Laien, es unterschied sich jedoch nicht signifikant ($p = 0,28$). Der Altersdurchschnitt lag insgesamt bei $32,25 \pm 10,75$ Jahren. Der Altersdurchschnitt der Experten lag bei $37,5 \pm 12,81$ Jahren, der der Laien bei $27 \pm 4,57$ Jahren. Da laut Hummel et al. [47] das Riechvermögen bei 16 bis 35jährigen am besten ist und der Altersdurchschnitt der Experten darüber liegt, während sich die Laien im Schnitt in dieser Altersphase befanden, hätten altersspezifische Effekte eher ein schlechteres Abschneiden der Expertengruppe zur Folge haben müssen. Sollte das Alter einen Einfluss gehabt haben, wurde er demnach durch den Trainingseffekt mehr als ausgeglichen.

Ein von Doty [34] ebenfalls erwähnter, die olfaktorische Funktion beeinträchtigender Faktor ist das Rauchen. Dessen Effekte wurden in den in dieser Diskussion verwendeten Studien jedoch nicht zusätzlich untersucht, sondern meist vielmehr ausgeschlossen, indem Raucher

nicht als Testpersonen zugelassen wurden. Raucher wurden in der eigenen Studie nicht ausgeschlossen, es gab sowohl in der Gruppe der Laien als auch in der Gruppe der Experten Raucher. Der Einfluss des Rauchens wurde jedoch nicht untersucht.

Insgesamt ist anzunehmen, dass zwar alters- und geschlechtsspezifische Unterschiede und auch das Rauchen Einfluss auf die olfaktorische Funktion haben, Trainingseffekte jedoch stärker wiegen. Durch Training der olfaktorischen Funktion sind diese Unterschiede somit ausschaltbar.

Neben diesen Effekten beeinflussen auch Krankheiten die olfaktorische Funktion.

Es können akute sowie chronische Erkrankungen zu Einschränkungen der olfaktorischen Funktion führen, wobei manche dieser Effekte – teils von selbst (z.B. nach Erkältungen), teils durch Training (siehe Abschnitt 4.4.) – reversibel sind.

Der Einwand, dass Erkältungserkrankungen das Riechvermögen und somit die Einschätzungsfähigkeit der Zeugen einschränken können [66], ist somit nicht unberechtigt. Abgesehen von derartigen akuten Einschränkungen stellt sich zudem die Frage nach der grundsätzlichen Riechfähigkeit des jeweiligen Zeugen. Für beides stellt die Riechschwellenbestimmung in der HNO eine gute Möglichkeit der Klärung dar.

Neben angeborenen Störungen der olfaktorischen Funktion gibt es vielfältige Ursachen, die zu einer zumindest vorübergehenden Geruchssinnbeeinträchtigung führen können. Laut Fachlehrbuch wird eine Störung am häufigsten durch sinunasale Erkrankungen (= Störung des Dufttransportes; > 2/3 der Fälle) ausgelöst, wobei davon mit 50 % entzündlich-infektiöse Ursachen (= Sinusitis) vorherrschen [39]. Des Weiteren können anatomische Veränderungen wie Septumdeviation, Muschelhyperplasie, sowie Defektheilung nach Fraktur, wie auch benigne (Papillome, Osteome) sowie maligne Tumore (z.B. Karzinome) zu einer Störung des Dufttransportes führen [39]. Abgesehen von sinunasalen Ursachen sorgen auch postvirale Veränderungen (z.B. Influenza-, Herpes- und Parainfluenzaviren) sowie Zerreißen der Fila olfactoria oder Kontusion des Bulbus olfactorius (posttraumatisch), iatrogene Verletzungen, vor allem nach Nasennebenhöhlenoperationen, sowie toxische Noxen (z.B. CO, organische Lösungsmittel) für olfaktorische Dysfunktionen[39]. Des Weiteren kommt eine Störung der olfaktorischen Funktion bei internistischen Erkrankungen (Diabetes mellitus, Leberzirrhose, Niereninsuffizienz, Hypothyreose, perniziöse Anämie) ebenso wie bei neurologisch-

psychiatrischen Erkrankungen (M. Parkinson, M. Alzheimer, MS, alkoholische Enzephalopathie, Schizophrenie, Depression) vor [39].

Reviews von Holbrook u. Leopold [46] sowie Doty [34] zu diesem Thema beschrieben Kopftraumata, Infektionen des oberen Respirationstraktes sowie chronische Rhinitis und Polyposis bzw. nasale sowie paranasale Sinuserkrankungen als häufigste Ursachen von olfaktorischen Dysfunktionen. In einem Review von Damm et al. [33] aus 2004 zur Epidemiologie und Therapie in Deutschland, Österreich und der Schweiz, das neben dem Vergleich von Studien auch eigene Umfragen aus HNO-Klinken mit einbezog, wurden 72 % „sinunasale“ Ursachen (53% Entzündungen der Nase bzw. der Nasennebenhöhlen, 19% respiratorische Störungen) beschrieben. In den Patientenkollektiven der HNO-Kliniken fanden sich am dritthäufigsten postvirale Riechstörungen (11%), in absteigender Häufigkeit gefolgt von idiopathischen, Beeinträchtigungen des Riechvermögens nach Schädel-Hirn-Traumata, iatrogenen, toxischen und angeborenen Ursachen [33]. Die nichtsinunasalen machten zusammen 28% aller Riechstörungen aus, wobei der Anteil der letzten Diagnosegruppen in einigen Kliniken deutlich höher lag (z. B. postviral bis zu 91%) [33]. Aufgrund der durchgeführten Erhebung vermuteten Damm et al. [33], dass Störungen des Riechsinn bei etwa 110.000 Patienten in Deutschland, Österreich und der Schweiz pro Jahr bestehen, die in HNO-Abteilungen und Kliniken behandelt werden.

Bei Vorliegen einer solchen Einschränkung der olfaktorischen Funktion sind auch Beurteilungen der Alkoholfrage folglich nur eingeschränkt bis gar nicht möglich. Hinsichtlich des Bezugs zum Alkoholkonsum ist dabei auch erwähnenswert, dass Alkoholiker nicht nur durch eine eigene Alkoholfrage und eine generelle Abnahme der Selbst- und Fremdeinschätzungsfähigkeit beeinträchtigt sind, sondern zusätzlich u.a. im Rahmen der alkoholischen Enzephalopathie unter Hyposmie, also einem verminderten Geruchsempfinden, leiden [39, 73]. Alkohol schädigt somit auf Dauer die Riechfähigkeiten und mindert somit auch die Beurteilung von Alkoholfragen.

Bei einigen dieser Erkrankungen kann heutzutage jedoch durch gezieltes Training eine deutliche Verbesserung der olfaktorischen Funktion erreicht werden (siehe 4.4.). Selbst die alkoholische Enzephalopathie ist in gewissem Maße bei Konsumstopp nach längerer Zeit reversibel [73]. Die olfaktorische Funktion ist somit kein fester Zustand, sondern eine Fähigkeit, die akut oder chronisch eingeschränkt sein, jedoch auch wieder eine deutliche Besserung erfahren kann.

Für Zeugenaussagen vor Gericht kann es also darauf ankommen, wie es um die olfaktorischen Fähigkeiten zum Zeitpunkt des gerichtlich relevanten Tatbestandes bestellt war.

Da Laien, wie das Experiment zeigte, nicht in der Lage sind die AAK gut einzuschätzen, ist es fraglich ob eine Testung ihres Riechvermögens in der HNO überhaupt sinnvoll und nicht nur zeitraubende und teure Diagnostik ohne Mehrwert für den Verhandlungsgegenstand wäre. Im Einzelfall zur Überprüfung einer Laienaussage bei nicht Vorhandensein anderer Beweismittel und großer Tragweite der Auswirkungen dieser Aussage wäre es möglicherweise sinnvoll eine derartige Testung durchzuführen. Hierbei wäre jedoch eine zeitnahe Beurteilung des Riechvermögens wichtig. Im Allgemeinen ist es jedoch vermutlich nicht sinnvoll Zeit und Geld hierfür zu investieren.

Aufgrund der gezeigten Fähigkeiten der Expertengruppe insgesamt wäre eine Testung des individuellen Riechvermögens der einzelnen Experten von Interesse. Eine HNO-Testung könnte standardmäßig für die betroffenen Berufsgruppen durchgeführt werden. Dies könnte einerseits zu Beginn der Berufsausübung und danach in einem regelmäßigen Abstand, so z.B. alle 2-5 Jahre, stattfinden. Neben dem Interesse für die olfaktorische Beurteilungsfähigkeit bezüglich gerichtlicher Aussagen könnte hierdurch unter dem wissenschaftlichen Aspekt weiter untersucht werden inwieweit sich die olfaktorische Funktion der Experten über die Zeit wandelt. Zudem könnten Testungen vor wichtigen Aussagen vor Gericht zur Feststellung einer akuten Beeinträchtigung des Riechvermögens durch z.B. eine Erkältung zeitnah nach dem zu bezeugenden Ereignis durchgeführt werden.

4.4. Trainierbarkeit vs. Habituation

Diese Studie zeigt, dass Experten signifikant besser als Laien bei der Beurteilung von Alkoholfahnen abschneiden. Die Effekte, von denen angenommen wird, dass hauptsächlich sie die olfaktorischen Fähigkeiten beeinflussen, sind auf der einen Seite Habituation als die Erkennung von Duftstoffen mindernd, sowie andererseits ein Trainingseffekt, dem eine Verbesserung der Erkennung von Duftstoffen bezüglich Sensitivität, Identifikations- und Diskriminationsfähigkeit nachgesagt wird. Die angenommene Trainierbarkeit der olfaktorischen Funktion ist ein wichtiger erklärender Faktor für das signifikant bessere Abschneiden der Experten im Vergleich zu Laien bei der Einschätzung der Alkoholfahne. Es wird aufgrund der eigenen Studienergebnisse angenommen, dass diese Trainierbarkeit die

Auswirkungen von Habituation überwiegen. Folgend wird anhand von anderen Studien gezeigt, warum diese Annahme schlüssig ist.

Der Effekt von *Habituation* ist beim Riechsinn besonders ausgeprägt [39].

1966 beschrieben Thompson u. Spencer [76] in einem Review sowie anhand eigener Ergebnisse Habituation als generellen Prozess bei nervaler Verarbeitung von Sinnesprozessen. Dabei wurde u.a. – auch wenn teilweise von anderen Autoren möglicherweise unterschiedlich gewichtet – Adaption, Inhibition und Ermüdung als Synonyme verwendet. Sie definierten Habituation anhand von neun Kriterien folgendermaßen. Habituation ist, dass die erzeugte nervale Antwort durch einen Stimulus durch wiederholte Applikation verringert wird. Wenn der Stimulus wegfällt, gibt sich dieser Effekt nach einer gewissen Zeit. Die nervale Antwort auf einen Stimulus „erholt sich“ sozusagen. Bei Wiederholungsserien von abwechselnd Habituation durch Stimuli sowie anschließender Erholung treten Habituationseffekte schneller auf – von Thompson u. Spencer als „Potenzierung von Habituation“ beschrieben. Je höher die Frequenz der Stimulation desto schneller treten Habituationseffekte ein und desto stärker fallen sie aus. Je geringer der Stimulus desto stärker ist der Effekt von Habituation, starke Stimuli lösen kaum signifikante Habituationseffekte aus. Habituationseffekte können bis zur vollständigen Aufhebung einer Reizantwort gehen. Habituationseffekte können sich von einem Stimulus auf andere Stimuli generalisieren. Die Darbietung eines anderen (meist starken) Stimulus sorgt für eine Erholung der habituierten Reizantwort, auch als Dishabituation bezeichnet. Durch wiederholte Darbietung des für Dishabituation sorgenden Stimulus verringert sich die Stärke der Erholung, was als Habituation der Dishabituation bezeichnet wurde.

In einem Review von Wilson [79] aus 2009 werden diese Kriterien aufgegriffen und für die Definierung von Habituation bei der olfaktorischen Funktion verwendet. Wilson zeigte zudem konkrete Beispiele anhand eigener Ergebnisse zur Anpassung der Herzfrequenz durch olfaktorische Stimuli. So wurde sowohl in Tierversuchen als auch in Studien mit Menschen festgestellt, dass durch anhaltende Stimulation des Sinnesorgans mit einem gleichbleibenden Duft oder durch Wiederholung desselben Duftes die Reizantwort sowohl peripher als auch kortikal abnimmt. Im Tierversuch war dieser Effekt am stärksten bei kontinuierlicher Duftapplikation ausgeprägt, bei Pausen von 30 Sekunden war er deutlich geringer. Durch Verwendung eines nicht ähnlichen Duftes sowie eines lauten auditiven Reizes war der Effekt reversibel.

Da dieser Effekt jedoch nur bei länger andauernder Exposition auftritt und durch einen lauten auditiven Reiz einerseits und durch Exposition eines nicht ähnlichen Stoffes andererseits reversibel ist, hebt dieser Effekt den Trainingseffekt durch intermittierende Alkoholfahnenexposition während des beruflichen Alltages nicht auf, sodass erklärbar ist, warum die Experten dennoch signifikant besser bei der Einschätzung von Alkoholisierungsgraden durch Alkoholfahnen abschneiden als Laien. Einer der hauptsächlichen Effekte von Habituation dürfte sein, dass man bei längerer Interaktion mit alkoholisierten Personen vermutlich nach einer gewissen Zeit die Alkoholfahne immer weniger wahrnimmt. Dies bedeutet: Der erste Eindruck zählt. Je länger man versucht die Alkoholfahne einzuschätzen desto schlechter dürften die Ergebnisse sein. Abhilfe kann die Neutralisierung des Geruchseindrucks durch einen unähnlichen Geruchsstoff – so z.B. Kaffee – schaffen. Zudem ist ein schlecht gelüfteter Raum mit vielen alkoholisierten Personen vermutlich schon nach kurzer Zeit so stark mit alkoholischem Geruch angereichert, dass die Alkoholfahnen einzelner Personen schlecht einzuschätzen sein dürften. Laien, die wie sich in dem Experiment der vorgelegten Studie zeigte, nicht in der Lage sind Atemalkoholkonzentrationen anhand der Alkoholfahne unter Studienbedingungen einzuschätzen, werden daher erst recht nicht im Rahmen einer Beteiligung eines Trinkgelages qualifizierte Aussagen zur Alkoholfahne tätigen können. Des Weiteren ist die Einschätzungsfähigkeit von selbst alkoholisierten Personen durch den Alkohol getrübt und die eigene Fahne führt wahrscheinlich schnell zur Habituation. Sollten wie von Thompson u. Spencer [76] beschrieben auch bei der olfaktorischen Funktion Habituationseffekte vor allem durch geringe Reize ausgelöst werden und starke Reize kaum signifikanten Habituationseffekten unterliegen, wäre zu klären, ob die Alkoholfahne mit ihrer Stoffkomposition generell in eine Kategorie von schwachem oder starkem Reizcharakter fällt oder ob diese Einschätzung von der Höhe der Konzentration, also der Stärke der AAK-Werte, abhängt. Sollte die Alkoholfahne generell als schwach empfunden werden, dürften Habituationseffekte wie zuvor beschrieben auftreten. Würde sie generell als starker Reiz wahrgenommen, müssten Habituationseffekte wegfallen. Sollte es von den AAK-Werten abhängig sein, würden Habituationseffekte wohl nur in niedrigen AAK-Bereichen auftreten. Die Abhängigkeit von den AAK-Werten erscheint dabei am wahrscheinlichsten, da die Wahrnehmbarkeit von Geruchsstoffen meist von ihren Intensitäten abhängt, die wiederum durch deren Konzentrationen beeinflussbar sind (siehe Abschnitt 4.5.). Dennoch wird aus rein subjektiver Erfahrung die Alkoholfahne auch bei höheren AAK-/BAK-Werten nach einiger Zeit weniger stark empfunden. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass die Alkoholfahne

nicht nur aus einem Geruchsstoff, sondern aus vielen Stoffkomponenten in unterschiedlichen Konzentrationen und Intensitäten besteht (siehe Abschnitt 4.5.). Alternativ könnte der von Thompson u. Spencer [76] postulierte Aspekt, dass starke Stimuli kaum signifikante Habituationseffekte auslösen, auch nicht auf die olfaktorische Funktion zutreffen.

Der andere Aspekt, unter dem die besseren Beurteilungsfähigkeiten der Experten im Vergleich zu denen der Laien betrachtet werden sollen, ist wie erwähnt die Möglichkeit eines Effekts durch Training.

Wie schon im Abschnitt 4.3. angeführt, ließen sich bei olfaktorischen Dysfunktionen Trainingseffekte finden. In Studien aus 2004 und 2006 wurde festgestellt, dass abgesehen von Steroidgabe für die meisten häufigen Ursachen von olfaktorischer Dysfunktion keine Therapiemöglichkeiten bestehen [33, 46].

Es zeigt sich jedoch, dass die olfaktorische Funktion durchaus trainierbar ist. Mittlerweile existieren einige Studien, die zeigen, dass bei Verlust der olfaktorischen Funktion verschiedener Ursachen durch gezieltes Training eine deutliche Verbesserung der olfaktorischen Funktion möglich ist.

2009 wurde eine Studie veröffentlicht, in der mit 40 Probanden ein Training mit vier verschiedenen Duftstoffen über einen Zeitraum von 12 Wochen durchgeführt wurde [48]. Es gab eine Kontrollgruppe mit 16 Probanden ohne Training. Die Ergebnisse ließen darauf schließen, dass durch das olfaktorische Training wieder eine deutliche Verbesserung der olfaktorischen Funktion möglich war, wohingegen keine Verbesserung bei der Kontrollgruppe eintrat.

2013 wurde eine größere Studie mit insgesamt 119 Probanden (zwei Gruppen – post-infektiös und posttraumatisch, jeweils mit Kontrollgruppe) veröffentlicht, die unabhängig von Alter und Geschlecht eine signifikante Verbesserung der olfaktorischen Funktion durch ein Training mit vier Duftstoffen über einen 16-wöchigen Zeitraum zeigte [54]. Abgesehen von der objektiven Verbesserung wurde schon relativ schnell eine subjektive Verbesserung durch die Probanden festgestellt, was die Compliance erhöhte. Diskriminationsfähigkeit und Identifikationsfähigkeit waren signifikant verbessert.

Eine weitere Studie zeigte eine Verbesserung der olfaktorischen Funktion bei Parkinsonpatienten [45]. Zuvor gab es keine Studien, die effektive Verbesserungen der olfaktorischen Funktion bei Parkinsonpatienten gezeigt haben. Haehner et al. [45] fanden

signifikante Verbesserungen der olfaktorischen Funktion durch ein 12wöchiges tägliches Training mit vier sog. Sniffin' Sticks. Signifikante Verbesserungen traten dabei für Geruchsdiskrimination und -identifikation auf, nicht jedoch für die Schwellenwerte insgesamt. Für ein paar der verwendeten Duftstoffe (Eucalyptus, Eugenol, und Citronella) fand sich jedoch auch eine Verbesserung des Schwellenwertes (Sensitivitätsverbesserung). Die olfaktorische Funktion veränderte sich in der Kontrollgruppe über die Zeit nicht.

2012 wurde mit 46 Probanden untersucht wie lange bei anhaltendem Training über einen Zeitraum von 8 Monaten eine weitere Verbesserung der olfaktorischen Funktion eintritt, wobei der Effekt bei einer reinen Trainingsgruppe und einer Gruppe mit Training und Steroidgabe untersucht wurde [38]. Hierbei zeigte sich, dass es kaum eine Steigerung ab dem 4. Trainingsmonat in der „nur Training“-Gruppe gab. Statistisch signifikant (und auch klinisch relevant mit einer TDI-Verbesserung über 6) zeigten sich lediglich die Verbesserung der Werte nach 8 Monaten von der "Training + topischen Steroide" Gruppe.

Eine weitere Studie verglich die Trainingserfolge von Patienten mit persistierender postinfektiöser olfaktorischer Dysfunktion aufgeteilt in zwei Gruppen, eine mit jeweils hohen Duftdosen, eine mit geringen Duftdosen [32]. Hierbei zeigte sich, dass die Patienten mit hohen Duftdosen deutlich bessere Erfolge erzielten als diejenigen mit geringen Dosen. Zudem wurden bessere Ergebnisse erzielt, wenn zwischen Erkrankung und Trainingsbeginn weniger als 12 Monate lagen. In dieser Studie fand sich für Patienten, bei denen noch keine 12 Monate nach der Erkrankung vergangen waren, durch ein 18wöchiges Training eine Verbesserung bei den mit hohen Dosen trainierten Patienten von 63 %, bei den mit niedrigen Dosen trainierten immerhin noch eine Verbesserung von 19 %. Dieser Unterschied war statistisch signifikant.

Diese Studien zeigen, dass die olfaktorischen Fähigkeiten zumindest nach vorherigem Verlust durch Training wieder deutlich verbessert werden können.

Bei all diesen Studien wurde das Prinzip der Sniffin' Sticks (siehe Abschnitt 1.2.2) verwendet [47].

Es wurde ein erweiterter Sniffin' Sticks – Test mit zusätzlich 16 weiteren Duftstoffen zu den ursprünglichen 16 erstellt, der sich in seiner Aussagekraft jedoch nicht signifikant vom Test mit 16 Duftstoffen unterschied [44]. Diese Studie fand eine hohe Re-Test-Korrelation für sowohl den ursprünglichen als auch den erweiterten Test.

Die Verwendung bei verschiedenen ethnischen Gruppen war vergleichbar, wenn die Bezeichnungen den kulturellen Gegebenheiten und somit dem Verständnis der verschiedenen Gruppen angepasst wurden [53].

In einigen Studien zu Geruchsstoffmixturen (Genauerer siehe 4.5.) wurde zur besseren Beurteilbarkeit von Identifikation und Diskrimination der Einzelkomponenten dem eigentlichen Experiment eine Trainingsphase (von den Autoren als Familiarisationsphase bezeichnet) vorangestellt [49, 50, 56-59, 62]. In den Studien wurde durch mehrere Durchgänge (z.B. drei Vortests + fünf Wiederholungen [49]) Trefferquoten von um die 88 % [49] bzw. je nach Geruchsstoff 86-100 % [50] erreicht. Hierbei zeigte sich also ein deutlicher Trainingseffekt bei der Erkennung von einzelnen Duftstoffen. Mehr zur Beurteilung von Mixturen siehe 4.5..

Eine Studie zur Sensitivierung für Androstenone zeigte, dass vom olfaktorisch Bulbus abgeleitete EOGs (electro-olfactogram) und vom Kopf abgeleitete OERPs (olfactory event related potentials) nach 7 Tagen signifikant höher als zu Beginn in der Trainingsgruppe waren [78]. Es zeigten sich keine Veränderungen bezüglich OERPs und EOGs in der Kontrollgruppe ohne Androstenone. Es gab eine signifikante lineare Korrelation zwischen Schwellenwert und EOG sowie OERP. EOGs waren ansteigend bei fallendem Schwellenwert. EOG und OERP hatten ein signifikantes exponentielles Verhältnis, wenn EOG anstieg nahm OERP ebenfalls stark zu, jedoch in sehr hohen Bereichen von EOGs nicht mehr so stark wie in niedrigeren. Ein Kontrollversuch mit Amylacetat zeigte keinerlei signifikante Veränderungen bei EOGs oder OERPs.

In den Reviews von Holbrook u. Leopold [46] sowie Doty [34] wird der olfaktorische Sinn als *Alarmsignal* zur Erkennung von gefährlichen Situationen wie z.B. Gaslecks als auch Feuer sowie verdorbenem Essen beschrieben. Die Verarbeitung von Alarmsignalen ist somit mitunter essentiell für das Überleben und wird damit vermutlich rein evolutionsbedingt vom Gehirn prioritär verarbeitet. Damit dürften Lernprozesse zu Reizen, die durch Erfahrungen als Risiko eingeschätzt werden, stärker ausgeprägt sein als andere. Das Riechorgan ist dabei mit Hirnregionen verbunden, die für die Speicherung von Emotionen sowie die Assoziation von Gerüchen mit anderen Sinneseindrücken zuständig sind, dies führt häufig zu einer Verknüpfung von Langzeiterinnerungen mit Gerüchen [39, 69].

Dies erklärt vermutlich warum bei Royet et al. [70] die Wiedererkennung bei unangenehmen Gerüchen deutlich höher als bei den verwendeten angenehmen Pendants war. Unangenehme

Duftstoffe sorgten für eine deutlich stärkere Reizantwort, wobei hier u.a. Wein, Bier und Butanol als „unangenehme Düfte“ verwendet wurden. Unangenehme Gerüche aktivierten stärker als angenehme den piriformen Kortex, die Amygdala sowie die ventrale Insel. Bei Rechtshändern wurden diese Bereiche im linken Gehirnbereich aktiviert, bei Linkshändern rechts. Zudem wurden bei dem Test der Benennung von Düften verstärkte Aktivitäten im orbitofrontalen Kortex gefunden, wobei dies bei Frauen stärker ausgeprägt war. Extremere Bewertungen waren assoziiert mit höheren elektrodermalen Amplituden. Dies war stark abhängig von der Stärke der emotionalen Verknüpfung aber unabhängig von der wahrgenommen subjektiven Intensität (mit Fingerspanntechnik bewertet) und der emotionalen Wertigkeit. Royet et al. führten in dieser Studie aus, dass dieser Effekt wahrscheinlich Teil eines körpereigenen Alarmsystems ist, da die angesprochenen Gehirnregionen auch durch andere Reize mit alarmierender Wirkung angesprochen werden.

In einer anderen Studie wurde der Geruch von Weinen von Laien als irritierender und weniger angenehm gewertet als von Weintestern [24]. Laien schnitten dabei deutlich besser bei der Erkennung von Weinen ab als Weintester.

Doty et al. [35] erforschten die intranasale trigeminale Stimulation durch Geruchsstoffe hinsichtlich ihrer Effekte auf anosmische Personen und Personen mit normaler olfaktorischer Funktion. Laut ihren Recherchen hat der Trigeminus vor allem eine Schutzfunktion, sodass er bei irritierenden Stoffen die Sekretion des Mukus und die Atmung beeinflusst, sowie die Anschoppung des nasalen Schwellkörpers aktiviert – Faktoren, die die Aerodynamik des Luftflusses beeinflussen. Vor allem hohe Konzentrationen von irritierenden Stoffen haben eine Aktivierung des Trigeminus zur Folge. Die bei trigeminaler Aktivierung durch Geruchsstoffe auftretenden Sinneseindrücke beschrieben sie dabei je nach auslösendem Stoff als stechende, brennende, kribbelnde Empfindungen sowie die Empfindung von Wärme oder Kälte sowie Schmerz. Des Weiteren fragten sie bei Ihren Untersuchungen ab inwieweit die Probanden beim Geruchsstoff das Gefühl hatten, dass von diesem eine Gefahr ausgeht sowie ob der Stoff als angenehm oder unangenehm empfunden wurde. Es zeigte sich, dass je unangenehmer der Stoff bewertet wurde desto mehr wurde der Geruchsstoff von den Probanden als gefährlich eingestuft. Es zeigte sich, dass u.a. Methanol sowie Acetone als trigeminus-aktivierende Substanzen wirken – ihre trigeminale Wirkung wurde von allen Probanden erkannt. Vanillin hingegen wurde von den von Anosmie betroffenen Personen nicht erkannt.

Dass u.a. Methanol auf den Trigeminus wirkt, dürfte auch Effekte auf die Lernprozesse haben. Durch die Beschreibungen von Doty et al. ist davon auszugehen, dass Methanol so zumindest in höheren Konzentrationen das körpereigene Alarmsystem über den Trigeminus aktiviert. Damit dürfte es einen prägenderen Einfluss bei Trainingseffekten haben als Stoffe, die den Trigeminus nicht aktivieren.

Trigeminus aktivierende Geruchsstoffe wirken wie beschrieben auch bei Personen mit Anosmie und dienen daher bei Geruchstests zur Unterscheidung von echten Dysfunktionen von gespielten Geruchseinschränkungen [35, 69].

Die Effekte von Methanol über den Trigeminus dürften damit selbst bei Personen mit Anosmie einen gewissen Lerneffekt über die Aktivierung des körpereigenen Alarmsystems haben.

Doty [34] beschrieb im Review die Verarbeitung von olfaktorischen Reizen in Gehirnarealen folgendermaßen: Der piriforme Kortex entschlüsselt Informationen zu Geruchsqualität, -identität und -familiarität höherer Ordnung und ist assoziiert mit dem Lernen und Erinnern von Gerüchen sowie der Koordination von Informationen zwischen Geruchs-, Seh- und Geschmackssinn. Es wird angenommen, dass die Amygdala nur auf die Intensität von emotional signifikanten, d.h. angenehmen oder unangenehmen Geruchsstoffen reagiert.

Royet et al. [70] fanden dabei stärkere Reaktionen auf unangenehme als auf angenehme. Der entorhinale Kortex leitet Informationen an den Hippocampus weiter, der eng in Lern- und Erinnerungsprozesse involviert ist [34]. Der caudale orbitofrontale Kortex wird assoziiert mit Geruchsdetektion, wobei die mehr rostralen Bereiche involviert sind in „Arbeitsspeicherprozesse“, assoziatives Lernen und Kurz- und Langzeitgeruchsgedächtnis [34]. Der mediale orbitofrontale Kortex und ventromediale präfrontale Kortex werden durch angenehme Geruchsstoffe aktiviert, wobei der laterale orbitofrontale Kortex und der benachbarte inferiore präfrontale Kortex durch unangenehme Geruchsstoffe aktiviert werden [34]. Diese medial-lateral Empfindlichkeit für angenehme und unangenehme Stimuli erfolgt auch durch andere Sinne, was impliziert, dass diese Regionen wichtig für die generelle sensorische hedonistische Bearbeitung sind [34].

Diese Einschätzungen zeigen, dass die Beurteilung von olfaktorischen Reizen einer komplexen zentralen Verarbeitung unterliegt. Hierbei spielt vor allem die Bewertung von Gerüchen als angenehm oder unangenehm eine Rolle, sie werden hinsichtlich ihrer Qualität

und Bekanntheit eingeschätzt, mit anderen Sinneseinschätzungen verknüpft und über diese Arbeitsspeicherprozesse letztlich im Kurz- und Langzeitgedächtnis verankert.

Das olfaktorische Vorstellungsvermögen spielt laut Bensafi u. Rouby [16] keine Rolle bei der Beurteilung von olfaktorischen Reizen. Personen mit gutem olfaktorischem Vorstellungsvermögen unterschieden sich weder signifikant von denjenigen mit schlechtem Vorstellungsvermögen hinsichtlich der Geruchsunterscheidung und Identifikation noch dabei wie angenehm ein Geruch empfunden wurde. In der Studie wurden dabei Vanille, Apfel, Kiefer, Orange und Limone als angenehmer als Gewürznelke, Eukalyptus, Zimt, Heizöl, Knoblauch, gemähtes Gras, Anis, Fisch, Rose, Thymian und Pfefferminz bewertet.

Sobel et al. [72] untersuchten mittels fMRT den Unterschied zwischen gezieltem Riechen („Schnüffeln“) und einfacher Wahrnehmung von vorhandenen Gerüchen. Hierbei wurde anhand des Blutoxygenierungslevels die Aktivität der Gehirnareale untersucht. Sie stellten fest, dass bei gezieltem Riechen andere Hirnareale aktiviert werden als bei der beiläufigen Wahrnehmung eines Geruchsstoffes in der Luft. Die zusätzliche Aktivierung durchs „Schnüffeln“ geschieht laut ihren Angaben durch die somatosensorische Stimulation, die durch den Luftstrom im Nasenloch ausgelöst wird. Geruch aktiviert dabei, unabhängig vom „Schnüffeln“, vorwiegend den lateralen und anterioren orbito-frontalen Gyrus sowie den Frontallappen, sowie in geringem Maße den piriformen Kortex. Weitere Aktivierungen durch Geruchsstoffe im Bereich von folgenden Bereichen wurden in dieser Studie nicht genauer betrachtet: Peri-insulare und superiore temporale Regionen sowie verschiedene Bereiche des limbischen Systems. Durchs „Schnüffeln“ werden, unabhängig ob ein Geruch vorhanden ist oder nicht, ebenfalls Aktivitäten im olfaktorischen Bulbus ausgelöst, die wiederum jedoch vorwiegend den piriformen Kortex des Temporallappens sowie entorhinale und parahippocampale Regionen aktivieren. Des Weiteren werden in geringerem Maße der mediale sowie posteriore orbito-frontalen Gyrus des Frontallappens aktiviert. Die Autoren nehmen an, dass das „Schnüffeln“ für den Prozess des Riechens eine Art „Primerfunktion“ haben könnte. Hierbei könnten die Aktivierung der Hirnareale durch das gezielte Riechen dafür sorgen, dass die Unterscheidung von Gerüchen damit verbessert wird. Es wäre laut den Autoren zudem möglich, dass diese Bereiche nach Aktivierung in der Lage sind, dort ankommende olfaktorische Reizmuster zu verarbeiten, wodurch sich das weitergeleitete Muster in den aktivierten Bereichen ändern würde. Dies ist jedoch mittels fMRT nicht sichtbar [72].

Sollte diese Vermutung zutreffen, würde sie eine zusätzliche Erklärung für die Überlegenheit von gezieltem Training sowie des Trainings durch den Umgang mit alkoholisierten Personen im rechtsmedizinischen Alltag liefern. Hierbei erfolgt in den verschiedenen Situationen, bei denen Alkoholfahnen oder Alkoholgeruch bei Leichen wahrgenommen werden, ein gezieltes „Schnüffeln“ zur persönlichen Einschätzung. Laien hingegen dürften den Alkoholgeruch häufig nur nebenbei wahrnehmen und nicht gezielt versuchen diesen zu „erschnüffeln“. Dabei würde, sollte die Annahme von Sobel et al. [72] zutreffen, einiges an Informationen verloren gehen. Dies wäre, betrachtet man die funktionale Einteilung von Doty [34], vor allem durch die geringere Aktivierung des die Geruchsqualitäten verarbeitenden piriformen Kortex der Fall. Zudem wären Lern- und Erinnerungsprozesse beeinträchtigt, die laut Doty [34] u.a. mit dem Hippocampus eng verbunden sind.

Neben Studien zu gezieltem Training gibt es auch Studien zu Blinden, die nahelegen, dass durch das Wegfallen der Sehfähigkeit eine Konzentration auf die verbleibenden Sinne erfolgt und so auch eine fähigere olfaktorische Funktion im Vergleich zu der der Sehenden entsteht [29, 30, 68].

Dies zeigt wiederum, dass die olfaktorische Funktion trainierbar, also gewissermaßen ausbaufähig ist. Es zeigt aber auch, dass sie abhängig von der Bewertung der Relevanz vom menschlichen Sinnessystem ist. Durch den Wegfall des sonst vermutlich mit Priorität zur Einschätzung von Situationen verwendeten Sehsinns erhalten olfaktorische Reize mehr Bedeutung zur Erkennung von Gefahren, wodurch vermutlich ihre Beurteilung differenzierter wird. Dies erfolgt möglicherweise durch Anpassungsprozesse, die Trainingseffekten nicht unähnlich sind.

Eine MRT-Studie zeigte bei von Geburt an Blinden eine höhere Aktivität in MRT-Tests im occipitalen Kortex sowie der rechten Amygdala als bei Sehenden, die für die Studie vorübergehend „nicht sehend“ gemacht wurden [55]. Auch wenn manche Studien keine signifikanten Unterschiede zwischen Sehenden und Blinden gefunden haben [65, 71], so gibt es auch einige Studien, die nahelegen, dass blinde Menschen signifikant bessere olfaktorische Fähigkeiten haben als sehende Menschen [29, 30, 68].

Hierbei war in einer der Studien alleine das Fehlen der Sehfähigkeit ausschlaggebend, es zeigten sich keine Unterschiede zwischen von Geburt an Blinden und im späteren Leben erblindeten Personen [29]. Dies lässt darauf schließen, dass die physiologische olfaktorische Funktion durchaus noch ausbaufähig und nicht nach dem Heranwachsen fest definiert

ist. Blinde waren signifikant besser bezüglich Geruchsdiskrimination und Geruchsschwellenbestimmungen. Es gab keine statistisch signifikanten Unterschiede bei der Geruchsidentifikation zwischen Sehenden und Blinden. In dieser Studie gab es jedoch eine Multiple-Choice-Auswahl [29].

Bei freier Identifikation ohne Auswahlmöglichkeiten hingegen gab es signifikant bessere Werte bei Blinden [30]. Cuevas et al. [30] fanden sonst ebenfalls signifikant bessere Werte der Blinden bei Geruchsdiskrimination und Kategorisierung. Multiple-Choice-Identifikation war jedoch auch nicht signifikant besser als bei der Kontrollgruppe.

Murphy et al. [68] hingegen fanden bessere Identifikationswerte, jedoch eine schlechtere absolute Sensitivität. In dieser Studie verbesserten sich Test- und Kontrollgruppe beide im Laufe der Testreihen, zeigten eine Art Trainingseffekt.

Eine der Studien, die keine signifikanten Unterschiede zwischen Sehenden und Blinden zeigte, fand zudem signifikant besseres Abschneiden von einer „Geruchs-trainierten“ Gruppe [71].

Doty [34] beschrieb sowohl auf Ebene des 1. Neurons (Rezeptorzellen im Bulbus olfactorius) als auch auf Ebene des 2. Neurons (Interneurone im ZNS, die meisten GABAerg bzw. Dopaminerg) Verschaltungen unter den verschiedenen Rezeptoren und ihrer Weiterleitung. Dabei gibt es einige Regenerationsmöglichkeiten, so können sich die Rezeptorzellen aus Basalzellen regenerieren und auch Interneurone werden durch Progenitorzellen ersetzt, die vom subventriculären Bereich des Gehirns auskeimen und entlang des Axons zurück zum olfaktorischen Bulbus wandern.

Die typische Lebensspanne eines Rezeptorneurons ist 30 bis 60 Tage, manche auch bis zu einem Jahr [38].

Auch Holbrook u. Leopold [46] gehen davon aus, dass aus Basalzellen alle Komponenten des olfaktorischen Epithels neu entstehen können. Die Autoren führen aus, dass aus Basalzellen zumindest in Primaten und Säugetieren die olfaktorischen Neurone ständig ersetzt werden, was die Regenerationsfähigkeiten des olfaktorischen Epithels nach Verletzungen erklären würde. Ähnliche Ergebnisse zu menschlichen olfaktorischen Neuronen existieren noch nicht.

Die verschiedenen Verschaltungsmöglichkeiten und vor allem die Regenerationsfähigkeit der Zellen lassen darauf schließen, dass sowohl auf der Ebene der peripheren Nerven

(Rezeptorzellen) als auch in höheren Hirnregionen (Interneurone) Effekte der Anpassung, so z.B. durch Trainingseffekte, möglich sind.

Bisher gibt es jedoch keine Langzeitnachverfolgung von Trainingseffekten. Unter der Voraussetzung, dass z.B. Rezeptorzellen nur einen begrenzten Lebenszyklus haben, könnte der Trainingseffekt nach längerer Phase ohne Training wieder abnehmen. Dies bezieht sich vor allem auf Rezeptorebene. Emotional getriggerte Speicherungen im Langzeitgedächtnis würden vermutlich als Effekt anhalten.

Dass zu den einprägsameren, als unangenehm empfundenen Geruchstoffen Butanol sowie die Aromamixturen Bier und Wein dazu zählen, dürfte Einfluss auf die Langzeitverarbeitung der Alkoholfahne im Gedächtnis haben.

Alkoholische Getränke mit den genannten Stoffen als Begleitalkohole dürften – vor allem bei höheren Konzentrationen – damit einen stärkeren Eindruck im Gedächtnis hinterlassen und somit auch einen stärkeren Trainingseffekt bei wiederholter Applikation haben. Dies gilt ebenfalls für die Getränkeklassen Bier und Wein.

Die Aktivierung des Alarmsystems über den Trigeminus (z.B. durch Methanol) trägt ebenfalls hierzu bei.

Zudem haben Situationen mit Betrunknen, die die Anwesenheit von Polizisten oder Rechtsmedizinern nötig machen, wahrscheinlich meist eine eher negative Konnotation (Widerstand, Pöbelei, Erbrechen, Einnässen etc.), was den Effekt auf das Gedächtnis verstärken könnte. Es ist daher anzunehmen, dass durch wiederholte Geruchseindrücke dieser Art das signifikant bessere Abschneiden der Experten teilweise erklärt werden kann.

Es ist davon auszugehen, dass durch gezieltes Training – wie bei der Trainierbarkeit der olfaktorischen Funktion nach olfaktorischer Dysfunktion [38, 45, 48, 54] – oder auch ungezieltem Training – wie beim Wegfall eines Sinnes [29, 30, 68] – die Fähigkeiten der Einschätzung von Atemalkoholkonzentrationen anhand der Alkoholfahne ausbaufähig sind. Studien zu Geruchsstoffmixturen zeigen, dass mit mehreren Trainingsdurchgängen bei der Erkennung von einzelnen Geruchsstoffen Trefferquoten von bis zu 88 % [49] bzw. 86-100 % [50] erreicht werden können. Zudem sind die olfaktorischen Fähigkeiten anscheinend einer vom Gehirn generell unterzogenen Relevanzprüfung untergeordnet, wobei alles was als Zeichen für Gefahren gewertet wird vermutlich höhere Priorität erhält [29, 30, 34, 46, 68]. Damit dürften als „unangenehme Duftstoffe“ gewertete Aromen wie die von beispielsweise

Wein und Bier [70] wie auch trigeminus-aktivierende Stoffe wie Methanol [35] sowie vermutlich unangenehme Erfahrungswerte von sich „ekelhaft“ verhaltenden Betrunkenen (z.B. Spucken) das menschliche Alarmsystem [34, 46] ansprechen. Das dürfte wiederum durch ihre Bewertung als „besonders relevante“ Informationen eine sichere Speicherung mit guter und schneller Abrufbarkeit aus dem Gedächtnis zur Folge haben.

Dies trifft theoretisch sowohl auf Experten als auch auf Laien zu. Ohne gezieltes Training entstehen durch „Alltagserfahrung“ jedoch sehr unterschiedliche Voraussetzungen für Trainingseffekte.

Es ist zu bedenken, dass die Erfahrungswerte von Laien häufig zu einem nicht unwesentlichen Teil aus Situationen stammen dürften, in denen sie selbst mehr oder weniger stark alkoholisiert waren. Unter dieser Voraussetzung dürfte der „Ekel“ einer solchen Situation geringer bzw. gar nicht empfunden werden und einer positiven Bewertung („super Party“) weichen und ihren Alarmcharakter sowie die damit verbundene verstärkte emotionale Verknüpfung [39, 69] auf Gehirnebene verlieren. Zudem dürfte der längere Aufenthalt in Räumen mit alkoholischem Aroma angereicherter Luft sowie die eigene Alkoholisierung durch mögliche Habituationseffekte [76, 79] die Beurteilung der Laien einschränken und somit auch den Lerneffekt mindern.

Die Experten werden bereits durch ihren berufsbedingten Kontakt mit alkoholisierten Personen – wenn auch nicht gezielt nach einem festgelegten Schema – trainiert, was ihre durch das Experiment gezeigten Fähigkeiten erklären dürfte. Hierdurch ist anzunehmen, dass Experten, die schon lange in dem Berufsfeld arbeiten, bessere Einschätzungen abgeben als „Frischlinge“. Die Situationen, in denen Experten beruflich mit Alkoholfahnen konfrontiert werden, dürften dabei deutlich negativere Bewertungen erhalten als die alleinigen „Alltagssituationen“ der Laien. Habituationseffekte bei Rechtsmedizinern können z.B. während einer Obduktion und dem damit verbundenen längeren Aufenthalt in „alkoholgeschwängelter“ Luft auftreten. Dies gilt auch für den Aufenthalt in den Räumen von z.B. Polizeiwachen, in denen die Blutentnahmen der alkoholisierten Personen durchgeführt werden. Dennoch spricht die negative Bewertung der Situationen stärker den Alarmcharakter an [34, 46]. Zudem achten Experten vermutlich schon aus wissenschaftlichem Interesse auf den alkoholischen Geruch und bewerten ihn. Laien hingegen beginnen entweder nüchtern und erleben den sukzessiven Anstieg der Promillewerte über einen längeren Zeitraum. Alternativ kommen sie in Räume, deren Luft eine aromatische Mischung der Alkoholfahnen diverser

alkoholisierter Personen und weiterer Gerüche (in Kneipen z.B. Zigarettenrauch) darstellt. Eine differenzierte Beurteilung ist hierbei schwerlich möglich. Sie „erschnüffeln“ den Geruch dabei zudem vermutlich nicht bewusst, sondern empfinden den Geruch einfach als Teil der Umgebung. Somit ist eine Verbesserung des Riechens und dessen Speicherung im Gedächtnis wie von Sobel et al. [72] für gezieltes Riechen angenommen, nicht vorhanden.

Zudem erhalten Experten regelmäßig Informationen zu den tatsächlichen Promillewerten, teilweise direkt durch AAK-Werte, teilweise später durch BAK-Werte. Dieses Feedback macht eine differenzierte Beurteilung von Alkoholfahnen und den Rückschluss auf die Alkoholkonzentration erst möglich.

Laien hingegen können nur im Rahmen von freiwilligen Selbstkontrollen Erkenntnisse über die tatsächlichen Promillewerte erhalten. Einerseits sind diese Selbstkontrollen nicht überall möglich, andererseits auch von den Personen nicht unbedingt gewollt.

Eine Situation für das Erlernen der Abstufungen einer Alkoholfahne und die Beurteilung der Atemalkoholkonzentration, die für Laien möglich wäre, sähe folgendermaßen aus: Zwei Personen treffen sich. Nur eine davon trinkt Alkohol und misst regelmäßig zwischendurch als Selbstkontrolle den Atemalkohol. Dies findet in einer Umgebung mit gutem Luftaustausch und möglichst wenigen anderen ablenkenden Gerüchen statt. Die Person, die keinen Alkohol trinkt, geht zwischendurch woanders hin wo ein deutlich anderer Geruch (z.B. Duftspender im Toilettenbereich) vorhanden ist, was Habituationseffekten entgegenwirkt. Betrachtet man diese noch nicht einmal optimalen Rahmenbedingungen, wird deutlich wie unwahrscheinlich ein solches Training für Laien ist. Dies erklärt, warum ein differenziertes Lernen zur Einschätzung der AAK durch Beurteilung von Alkoholfahnen für Laien schwer möglich ist.

Dass Experten in ihrem Privatleben vermutlich auch Habituationseffekten bei z.B. Feiern unterliegen, mindert ihre Lerneffekte durch den Beruf anscheinend nicht sonderlich. Dies dürfte u.a. darauf zurück zu führen sein, dass Habituationseffekte nicht sehr lange anhaltend sind [76, 79]. Differenziertere Lerneffekte, vor allem welche, die sich durch unangenehme Gerüche und emotionale Verknüpfung eines Alarmcharakters verstärkt im Gedächtnis speichern, dürften mehr Gewicht haben als das Erleben von Geruchsmischungseindrücken aus diversen Alkoholfahnen und verschiedensten anderen Gerüchen, die sich zudem vermutlich je nach Kneipe und Besucher (z.B. verschiedene Parfüme) ändern.

Ein gezieltes Training und dessen regelmäßige Wiederholung würden die Fähigkeiten von Experten vermutlich noch verbessern bzw. auch Anfängern die Möglichkeit bieten näher an die Ergebnisse ihrer erfahrenen Kollegen heran zu kommen.

Hierzu könnte beispielweise ein Test ähnlich des Studienexperiments am Anfang der Expertenlaufbahn im Rahmen der Ausbildung zur grundlegenden Einordnung der Geruchseindrücke eingeführt werden.

Zudem könnten regelmäßiges Training durch eine gewisse Rotation, zumindest am Anfang der Karriere, in Bereiche in denen eine AAK-Kontrolle möglich ist, die Riechfähigkeiten verbessern. So z.B. Verkehrskontrollen mit AAK-Kontrollen, Alkoholfahrdienste, Betreuung der Ausnüchterungszellen, Durchführung von freiwilligen AAK-Kontrollen in z.B. Diskotheken sowie auf größeren Veranstaltungen wie Festivals, Konzerten, dem Oktoberfest etc..

Durch im Laufe des beruflichen Alltags immer wieder eintretender Konfrontation mit Alkoholfahren tritt der Trainingseffekt ein. Da sich die Alkoholfahren in ihrer Stärke unterscheiden und es häufig durch erhobene AAK- sowie BAK-Werte Rückmeldung über die tatsächliche Alkoholisierung gibt (AAK direkt, BAK erst später) erfolgt ein Lernprozess, der ab einer gewissen Erfahrungsstufe eine deutliche Verbesserung der Fähigkeit zur Einschätzung von Alkoholfahren für Experten gegenüber der Durchschnittsbevölkerung bringt.

4.5. Einschätzung der verschiedenen Getränke

Die eigenen Studienergebnisse konnten keine signifikanten Unterschiede bei der Wahrnehmung unterschiedlicher alkoholischer Getränke – Bier, Wein und Wodka – aufzeigen. Wodka unterschied sich im Gegensatz zu Bier und Wein jedoch nicht signifikant von den Kontrollen. Aufgrund dieser Ergebnisse ist nicht abschließend zu klären, ob bei einer Studie mit einer größeren Probandenzahl oder anderen alkoholischen Getränken entweder signifikante Unterschiede zwischen den Getränken untereinander oder andererseits zumindest eine generelle signifikante Unterscheidung zu den Kontrollwerten gefunden werden könnte. Die folgenden Studien anderer Bereiche lassen einen Ausblick auf mögliche Ergebnisse und Erklärungen erahnen.

Vor allem zu der Beurteilung der Qualität von Weinen existieren einige Studien. Dabei wird versucht neben den Fähigkeiten der Weintester auch alternative Beurteilungsmöglichkeiten einzuschätzen, die eine besser vergleichbarere und möglicherweise objektivere Einschätzung zulassen.

Eine Studie aus 2001 zeigte, dass *Weintester* eine individuelle Sprache zur Beschreibung von Weinen nutzen [25]. Sie orientiert sich an Prototypen und nicht an detaillierten analytischen Beschreibungen. Kognitive Assoziationen der Eindrücke bei der Weintestung werden verwendet. Durch diese Wiedererkennung von Prototypen von Mixturen können Weinexperten die Qualität einschätzen ohne genaue Zusammensetzungen vorhersagen zu können. Die Prototypen beinhalten dabei nicht nur sensorische, sondern auch idealistische und hedonistische Informationen. Es werden z.B. Begriffe wie „Bananengeruch“ und „Erdbeeraroma“ verwendet. Es wird persönlich gewertet („nett“, „gut“, „ausgezeichnet“). Die Farbe hatte einen Einfluss auf die Geruchsbeschreibung (schwarze Weine => schwarze Johannisbeere; ältere braune Weine => z.B. Tabak).

Morrot et al. [67] untersuchten ebenfalls den Einfluss der Farbe auf die Benennung der Geruchsstoffe in Weinen. Die Farbe beeinflusste die Benennung signifikant. Morrot et al. nahmen an, dass visuelle Aspekte das olfaktorische Erlebnis stark beeinflussen und daher Gerüche meist nach etwas visuell Bekanntem benannt werden.

Die „Weinsprache“ wird unter Weinexperten zum Austausch von Informationen sowie für Vorschläge zur Geschmacksverbesserung in der weiteren Produktion genutzt [25]. Dennoch sind Weintester häufig nicht in der Lage anhand einer Beschreibung eines anderen Weinexperten die Weine zu erkennen [25].

Weintestung ist damit sehr subjektiv geprägt und beruht auf der Abspeicherung von „Qualitätsprototypen“, die wiederum aus einem Zusammenspiel von optischen, geruchlichen und geschmacklichen Eindrücken sowie persönlichem Geschmack und emotionaler Verknüpfung bestehen. Der Geruch des Weins spielt bei der Beurteilung vermutlich nur eine untergeordnete Rolle. Dies stellt u.a. eine Erklärung für das schlechtere Abschneiden von Weinexperten bei Brand u. Brisson [24] dar und erklärt, warum das berufliche Training von Weinexperten nicht mit dem beruflichen olfaktorischen Training von Rechtsmedizinern vergleichbar ist.

Auf die Wahrnehmung der Alkohol-fahne könnte das Abspeichern von Prototypen den Effekt haben, dass einerseits auch hier – wie bei der emotional getriggerten Speicherung im Gedächtnis [34, 39, 69] – Geruch und erlebte Situation subjektiv bewertet abgespeichert werden. Rein auf das Aroma der Alkohol-fahne bezogen könnte es aber auch bedeuten, dass sich die am stärksten wahrgenommenen Geruchsstoffe zu einem Geruchsbild im Gehirn abspeichern und auch als solches wahrgenommen werden. Damit würden durch Training Geruchsbilder gefestigt und Nebennuancen bei neuen Geruchseindrücken, soweit sie nicht herausstechend sind, ausgeblendet. Auf diese Weise könnten die stärksten Geruchsträgerstoffe andere Begleitstoffe nebensächlich machen.

Bei der Weintestung spielt nicht nur der Geruchseindruck beim Riechen an dem Getränk im Glas eine Rolle. Hinzu kommt der sogenannte retronasale Geruchseindruck, welcher olfaktorische Eindrücke beim Trinken des Weins während des Schluckaktes zusammenfasst und wie folgend beschrieben entsteht [26]. Beim Schluckprozess wird zwischendurch durch die Bewegung des Velums eine Verbindung zum olfaktorischen Epithel der Nase geschaffen. Es gibt drei verschiedene Stadien der retronasalen Geruchsbildung: 1. der direkte Geruchseindruck in der olfaktorischen Kaverne, 2. direkt nach dem Schlucken, 3. das verlängerte retronasale Aroma nach dem Herunterschlucken, der „Aftertaste“ bzw. besser als „afterodor“ bzw. „aftersmell“ bezeichnet und von Weintrinkern „Finish“ genannt.

Bei Weintestern spielt somit nicht nur der Geruchseindruck des alkoholischen Getränks aus dem Glas, sondern beim Geschmackstest auch die verlängerte Geruchswahrnehmung über die retronasale Wahrnehmung eine wichtige Rolle. Hierbei hängt die Art der Wahrnehmung einerseits davon ab ob die Stoffe über diesen Weg überhaupt das olfaktorische Epithel erreichen oder wie viele polare Stoffe direkt an die orale Mukosa absorbiert werden und dort über den Schluckakt nicht ankommen [26]. Dies verändert die olfaktorische Wahrnehmung gegenüber der reinen Wahrnehmung der Alkohol-fahne deutlich.

Mittlerweile werden immer mehr verschiedene weitere *Stoffkomponenten* in Weinen mittels aufwändiger gaschromatographischer Untersuchungen entdeckt [31, 37, 40-43, 64]. Gerade auch in der Lebensmittelindustrie ist das Interesse groß vor allem die aromaaktiven Stoffe von Weinen zu erkennen und Weine mittels dieser zu unterscheiden.

Hier wurden in einer Studie von Culleré [31] sechs spanische alte Qualitätsweine untersucht. Es wurden dabei 85 Geruchsaromen entdeckt und 78 Geruchsstoffe identifiziert, diese wurden Aromaeinschätzungen von Testern gegenübergestellt. Zudem wurde getestet, inwieweit diese

Stoffe in den untersuchten Weinen über den Schwellenwerten liegen ab denen sie olfaktorisch wahrgenommen werden.

Die genannten Studien zeigen, dass das Spektrum der Stoffzusammensetzung von Weinen sehr komplex ist. Somit ist die in Anhang 2 gezeigte Begleitstoffauflistung eben nur eine Sammlung von Komponenten, die rechtsmedizinisch bislang z.B. für Nachtrunkbehauptungen von Bedeutung sind und in relevant hohen Konzentrationen in den untersuchten Getränken vorkommen [31, 37, 40-43, 64].

Auch wenn von Autoren der Studie angenommen wird, dass fast alle Komponenten nun bekannt sein dürften [31], so wäre es denkbar, dass mit anderen, noch nicht zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden in den nächsten Jahren weitere Komponenten gefunden werden.

Auch zur Zusammensetzung von Bier gibt es Untersuchungen, die eine Vielzahl unterschiedlicher Stoffe in dem Getränk nachweisen [77]. Hierbei zeigte sich zudem, dass selbst Bier derselben Marke und desselben Herstellungsprozesses nicht immer identisch ist, sondern je nach Herstellungsstandort in seiner stofflichen Zusammensetzung variiert.

Entgegen der Studie zur Sprache der Weintester [25] haben Culleré et al. [31] versucht chemische Äquivalente zu den von Weintestern beschriebenen Geruchseindrücken zu finden. Zudem wurden deren Erkennungsschwellen einzeln und dann innerhalb der verglichenen Weine untersucht [31].

Ferreira et al. [37] zeigten, dass in den verschiedenen Weinen die Komponenten unterschiedlich intensiv wahrnehmbar waren. Sie stellten auch mögliche Abhängigkeiten unter den verschiedenen Stoffen her.

Auch Guth et al. [43] fanden, dass sich bei Abwesenheit eines sehr aromapotenten Stoffes das Aroma deutlich verändert, da die anderen aromaaktiven Stoffe stärker wahrgenommen werden.

Es existieren neben den Studien zum Vorkommen von Stoffen auch Studien dazu, welchen Einfluss die Form, in der sie vorliegen, auf ihre Wahrnehmbarkeit hat. So zeigte Guth [41], dass manche Stoffe in Weinen als verschiedene Enantiomere vorliegen und dass die verschiedenen Enantiomere unterschiedliche Erkennungsschwellen haben. In einer anderen

Studie wurde u.a. ein Enantiomer wahrgenommen, das andere lag unter der Wahrnehmungsschwelle [51].

Es zeigte sich, dass die Aussagekraft solcher Studien zur Intensität von aromaaktiven Stoffen und ihren Schwellenwerten deutlich besser ist, wenn die Bewertenden in ihrer Aufgabe zuvor trainiert wurden [37].

Bei Versuchen von 1987 mit menschlichen Probanden wurde festgestellt, dass Düfte, die einzeln zum Riechen angeboten wurden, in einer Zweierkombination dargeboten unterschiedlich wirken, d.h. dass manchmal beide, manchmal auch nur einer der Stoffe wahrgenommen wurde [15]. In Versuchen mit Ratten derselben Studie, bei denen ein metabolischer Marker ([³H]2-deoxyglucose (2-DG)) verwendet wurde, zeigten sich Aktivitätsmuster, die sich mit den Ergebnissen der Versuche mit den menschlichen Probanden in Einklang bringen ließen. Es wurde festgestellt, dass abhängig von der Konzentration der verschiedenen Stoffe sowie auch von deren Polarität unterschiedliche Aktivitätsmuster im olfaktorischen Bulbus auftraten. Dabei generierten entweder beide Stoffe bei ähnlichen Konzentrationen oder auch nur einer von ihnen – der jeweils höher konzentrierte – charakteristische Aktivitätsmuster. Die Suppression des anderen Stoffes wurde – wenn vorhanden – bereits peripher ausgelöst und fand im Bereich der Rezeptoren statt. Es wurden zwei nicht polare Hydrocarbone (Limonen und Orange) sowie die polare Propansäure (Weinessig) untersucht. Aufgrund der Funde von Aktivitätsmustern in gleichen Bereichen des olfaktorischen Bulbus wurde eine kompetitive Hemmung der unpolaren Stoffe abhängig von ihren Konzentrationen an gleichen Rezeptoren angenommen. Da die polare Propansäure Aktivitätsmuster in anderen Bereichen des olfaktorischen Bulbus auslöste, jedoch dennoch durch hohe Konzentrationen von Hydrocarbonen gehemmt werden konnte, wurden andere Suppressionswege (z.B. durch synaptische Verbindungen auf Rezeptorebene) angenommen. Die durch Propansäure in einem speziellen Bereich ausgelöste Aktivität war dabei signifikant geringer bei hohen Konzentrationen von Hydrocarbonen als bei gleichen Konzentrationsverhältnissen oder Darbietung nur von Propansäure.

Es ist davon auszugehen, dass die unterschiedliche Wahrnehmung der polaren und unpolaren Stoffe sowie vor allem die Hemmung der Wahrnehmung von Geruchsstoffen niedriger Konzentration durch hoch konzentrierte Geruchsstoffe einen Einfluss auf die Wahrnehmung der verschiedenen Begleitstoffe und wiederum auf deren Einfluss auf die Wahrnehmung der Alkoholfahne hat. Somit dürften die höher konzentrierten Stoffe in der Ausatemluft den

größten Effekt auf die Wahrnehmung der Alkoholfahne haben. Interessant wären daher Studien nicht nur zur Zusammensetzung der Ausatemluft nach Alkoholkonsum, sondern auch besonders bezüglich ihrer Konzentrationen. Eine schon länger zurückliegende Studie hierzu wurde von Sprung et al. durchgeführt, eine Übersicht über einen Teil der Ergebnisse befindet sich im Anhang (Anhang 1). Es wäre hier vor allem interessant inwieweit mit den heutigen technischen Möglichkeiten noch mehr Stoffkomponenten in der Ausatemluft gefunden werden könnten und inwieweit diese einen Effekt auf die Wahrnehmung haben. Des Weiteren wäre zu untersuchen ob ein Effekt durch Konzentrationsunterschiede bei Stoffen, die in anderen Studien als „unangenehm und dadurch stärker im Langzeitgedächtnis verankert“ [70] galten, in gleichem Maße auftritt, oder ob es eine Modulation dieser peripheren Hemmung auf Rezeptorebene gibt. So könnten z.B. durch Trainingseffekte nicht nur ein Geruchsgedächtnis im ZNS, sondern auch eine Art Geruchsgedächtnis auf Rezeptorebene in Form von speziell dafür ausgebildeten dendritischen, axonalen oder anders gearteten neuen Verbindungen entstehen. Zudem könnten sich Rezeptoren in ihrer Bindungsstelle stärker auf derartige, trainierte Stoffe spezialisieren, sodass eine kompetitive Hemmung durch andere ähnliche Stoffe erschwert wird. Studien mit trainierten vs. untrainierten Probanden sowie Ratten müssten dann andere Daten zeigen, d.h. auch bei niedrigen Konzentrationen der besagten antrainierten Stoffe müssten ihre Aktivitätsmuster neben anderen Stoffen höherer Konzentration sichtbar sein.

Weitere Studien zu *Mixturen* beschäftigen sich mit der Maximalanzahl von Mixturenkomponenten, bei der noch eine zuverlässige Erkennung der Einzelkomponenten möglich war.

Laing et al. [61] veröffentlichten bereits 1983 eine Studie zu binären Mixturen. In einem Vortest wurden vier bekannte aber unähnliche Stoffe ausgewählt. In dem folgenden Experiment wurden Geruchsqualität und Intensität in binären Mixturen untersucht. Die zwei Geruchsstoffe der Mixturen wurden mit jeweils drei unterschiedlichen Konzentrationen, die auf den jeweiligen Stufen hinsichtlich ihrer Intensitäten angepasst waren, verglichen. Die Studie fand bei Stoffen gleicher Intensitäten in Bereich von hohen und moderaten Konzentrationen Interaktionen (teilweise leichte Suppression des jeweils anderen Stoffes), bei niedrigen Intensitäten wurden keine Interaktionen gefunden. Bei Mixturen mit Stoffen unterschiedlicher Intensitäten wirkten die Stoffe höherer Intensitäten verringend auf die in niedrigerer Intensität dargebotenen Stoffe. Diese wurden schlechter bzw. teilweise gar nicht wahrgenommen. Stoffe niedrigerer Intensitäten hatten nur geringen Einfluss auf die Stoffe

höherer Intensität. Wurden die Stoffkomponenten in gegenteiliger Intensitätshierarchie dargeboten, drehten sich die Suppressionsverhältnisse um. Dabei wurde festgestellt, dass die Intensität und nicht die Stoffe selbst den Haupteffekt auf die Wahrnehmung hatten. Dies trifft jedoch nicht auf alle Stoffe zu. „Carvone“ wirkte als Stoff hemmender auf „Propansäure“ bzw. wurde weniger gehemmt von der Säure. Der Geruchseindruck einer Mixtur änderte sich bei manchen Stoffkombinationen recht stark durch geringe Intensitätsunterschiede.

Laing et al. [60] untersuchten zudem die "Maskierung" von Geruchsstoffen im Tierversuch mit Ratten. Es wurde untersucht bei welchen Konzentrationen Propansäure in binären Mixturen mit drei anderen Stoffen gleicher Intensität von diesen soweit beeinflusst wurde, dass sie nicht mehr wahrnehmbar war. In den Trainingsversuchen zu Propansäure gab es am Ende eine 100 %ige Trefferquote der Ratten. „Maskierung“ der Säure trat bei Werten erheblich über der Erkennungsschwellenkonzentration der Säure auf, wenn sie in Mixturen mit den anderen Stoffen angeboten wurde.

Laing u. Francis [58] führten des Weiteren eine große Studie mit 123 Testern zu Mixturen mit bis zu fünf Komponenten durch. Die Tester hatten vor allem Schwierigkeiten bei Mixturen mit mehr als drei Komponenten. Es zeigten sich jedoch auch schon Schwierigkeiten bei binären Mixturen, nur 12 % wurden absolut korrekt identifiziert. Am Anfang erfolgte eine Familiarisationsphase mit den verwendeten Stoffen, bei der die Tester Stoffe identifizieren und ihre Intensitäten einschätzen sollten – eine Art Trainingsphase. Diese diente einerseits der besseren Identifikationsfähigkeit, andererseits der Beurteilung der Einzelkomponenten anhand einer Intensitätsskala um die Stoffe in gleichen Intensitäten für das restliche Experiment anbieten zu können. Die Tester waren jedoch für die meisten der Testsituationen nicht trainiert. Laing u. Francis gaben in dieser Studie an, dass Gerüche innerhalb von ein bis zwei Sekunden analysiert werden.

Später untersuchten Laing u. Glemarec [59] Mixturen mit bis zu sechs Komponenten. Auch in dieser Studie wurden die Intensitäten der einzelnen untersuchten Stoffe am Anfang angepasst. Es wurden zwei Versuche durchgeführt. Es wurde die Identifikation aller Einzelkomponenten getestet. Danach wurde mittels Identifikation nur einer Komponente innerhalb der Mixturen der Einfluss von selektiver Aufmerksamkeit auf die Ergebnisse untersucht. Es zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Ergebnissen der beiden Versuche. Die Tester hatten große Schwierigkeiten mehr als drei Komponenten in den Mixturen zu identifizieren. Dabei wurden signifikante Unterschiede zwischen den Beurteilungen der Einzelkomponenten im Vergleich

zu denen der Komponenten in Mixturen gefunden. Bei steigender Komponentenzahl stieg die Zahl der fälschlicherweise angegebenen Komponenten (falsch positiv) signifikant. Bei dem Test zur selektiven Wahrnehmung einer Komponente stieg die Zahl der falsch positiven Angaben und der empfundenen Komponentenzahl.

In einer weiteren Studie untersuchten Laing et al. [56] Mixturen mit vier Geruchsstoffen aus Abwasserkläranlagen. Untersucht wurde die Intensität und „Unangenehmheit“ in einzelner Darbietung und binären, tertiären sowie quartären Mixturen. Es wurden vier Intensitätsstufen pro Geruchsstoff untersucht, die verschiedenen Geruchsstoffe wurden dabei in unterschiedlichen Intensitäten dargeboten, so z.B. Stoff 1 in Intensität 1 mit Stoff 2 in Intensität 4. In Vorversuchen wurden die Konzentrationen soweit angeglichen, dass die Intensitäten der Stoffe pro Stufe vergleichbar waren. Tester waren aus dem Bereich der Lebensmittelverarbeitung und hatten Erfahrung mit sensorischen Tests. Die Ergebnisse zeigten Suppression einzelner Komponenten in den Mixturen. Die Intensität war insgesamt höher in Mixturen, jedoch nicht so hoch wie die Summation der Intensitäten der Einzelkomponenten. Es zeigten sich signifikant niedrigere Intensitäten der Stoffe in Mixturen im Verhältnis zur einzelnen Darbietung. Die „Unangenehmheit“ in Mixturen war höher als von den einzelnen Komponenten. Je mehr Komponenten in Mixturen desto schlechter konnten die einzelnen Stoffe identifiziert werden. Je mehr Komponenten desto näher war die Intensität der Mixtur zudem an der Intensität der stärksten Komponente.

Laing et al. [57] untersuchten mit binären Mixturen inwieweit es Unterschiede in der Geschwindigkeit der temporalen Verarbeitung von Geruchsstoffen gibt, ob diese einen Effekt auf die Suppression der Geruchskomponenten in binären Mixturen haben und inwieweit die Änderung der Konzentrationsverhältnisse der Komponenten Auswirkungen hat. Vor dem eigentlichen Experiment fand erneut ein Familiarisationstest statt. Die Ergebnisse von Laing et al. zeigten, dass Gerüche temporal mit bis zu mehreren hundert Millisekunden Unterschied zwischen den einzelnen Komponenten verarbeitet wurden. „Schnell“ verarbeitete Stoffe hatten eine höhere Wahrscheinlichkeit der Suppression von „langsam“ verarbeiteten Stoffen in Mixturen zu sein als anders herum. Die Verarbeitungszeiten konnten durch Veränderung der Konzentrationen der einzelnen Komponenten verändert werden. Die einzelnen Komponenten hemmten sich in dieser Studie gegenseitig, bei steigender Intensität eines Stoffes nahm die Intensität des anderen ab.

Jinks u. Laing [49] untersuchten Mixturen von Geruchsstoffen mit bis zu drei Geruchsstoffen. In verschiedenen Tests wurde untersucht ob es eine Erkennungsreihenfolge bei gleichzeitig oder auch nacheinander applizierten Geruchsstoffen gibt. Zudem wurde untersucht ob in binären und tertiären Mixturen erkannt wurde welcher Geruchsstoff als erstes gerochen wurde. Des Weiteren wurde untersucht inwieweit Stoffe unter unterschiedlichen Voraussetzungen einzeln, in binären oder tertiären Mixturen sowie bei verzögerter Applikation des dritten Stoffes identifiziert werden können. All diesen Tests ging ebenfalls eine „Familiarisationsphase“ voraus. Während die Identifikation von Geruchsstoffen von einzelnen Stoffen sowie in binären Mixturen signifikant über dem Zufall lag, sowie auch signifikant erkannt werden konnte welcher Stoff in binären Mixturen zuerst gerochen wurde, war dies in tertiären Mixturen nicht möglich. Auch eine um 600 ms verzögerte Darbietung des dritten Geruchsstoffs sorgte nicht für signifikante Werte. Es machte auch keinen Unterschied ob den Testern bekannt war, dass ein dritter Stoff dabei war bzw. welcher dies war. Die Identifikation der einzeln dargebotenen Stoffe während der vorangehenden Familiarisationsphase war zudem besser als bei den späteren Versuchen, bei denen nicht bekannt war wie viele Stoffe jeweils dargeboten wurden. Neben den Einschränkungen bei tertiären Mixturen wurde jedoch auch festgestellt, dass in binären Mixturen eine Reihenfolge der zentralen Verarbeitung feststellbar ist. So konnten signifikante Werte für die Reihenfolge der Verarbeitung innerhalb der binären Mixturen gefunden werden. Die einzige Konstellation, bei der eine Einschätzung hinsichtlich des primär gerochenen Stoffes in einer tertiären Mixtur signifikant besser als eine Zufallseinschätzung war, war bei Darbietung des dritten Stoffes mit einer Verzögerung über 900 ms. Die Autoren nahmen an, dass die langsame olfaktorische Verarbeitung sowie ein eintretender Informationsverlust bei vielschichtigen Geruchsmixturen während der temporalen Verarbeitung für die schlechte Beurteilbarkeit von Mixturen mit vielen Komponenten ursächlich sind. Es wurde vermutet, dass der „Arbeitspeicher“ der olfaktorischen Verarbeitung der limitierende Faktor bei der Beurteilung ist.

Eine spätere Studie von Jinks u. Laing [50] befasste sich weiter mit dem Thema Mixturen. Dieses Mal wurden Geruchskompositionen mit vier verschiedenen Geruchsstoffen verwendet. Es wurde erneut eine Familiarisationsphase vorangestellt. Letztere wurde überprüft, die Stoffe unterschieden sich hinsichtlich ihrer Intensitäten anschließend nicht signifikant.

Wie schon in Jinks u. Laings vorheriger Studie [49], war es ab zwei Stoffen schwer die Stoffe zu identifizieren [50].

In quartären Mixturen lagen die Einschätzungen im zufälligen Bereich [50]. Ein zusätzlicher Versuch wurde mit den gleichen Stoffkomponenten gemacht, dieses Mal sollten die Teilnehmer den Mixturen anhand 146 vordefinierter beschreibender Begriffe einschätzende Attribute verleihen. Es zeigte sich dabei, dass selbst in binären Mixturen einige Informationen zu herausstechenden aromatischen Qualitäten der Geruchsstoffe verloren gingen. Andererseits war die Identifikation von den am meisten hervorstechenden Eigenschaften eines Geruchsstoffes jedoch nicht zwingend ausreichend für die Identifikation eines Geruchsstoffes innerhalb einer Mischung. Der Informationsverlust von einigen der prominenten aromatischen Eigenschaften eines Stoffes sorgte wiederum nicht automatisch dafür, dass er nicht identifiziert werden konnte.

Livermore u. Laing [62] untersuchten Mixturen mit bis zu acht chemischen Komponenten, wobei untersucht wurde inwieweit die Identifikation von Stoffen limitiert ist und ob sich Unterschiede bei „olfaktorisch gut verschmelzenden Stoffen“ und „olfaktorisch schlecht verschmelzenden Stoffen“ diesbezüglich zeigten. Hierbei konnten die „olfaktorisch schlecht verschmelzenden Stoffe“ zwar besser differenziert werden als die „gut verschmelzenden“, die Anzahl von identifizierbaren Komponenten in den Mixturen wurde hiervon jedoch nicht beeinflusst und lag dennoch bei vier. Es trat eine signifikante Performanceabnahme mit steigender Komponentenzahl auf. Was die absolut korrekten Angaben angeht war die Identifikation von „olfaktorisch schlecht verschmelzenden Stoffen“ akkurater bei ein bis drei Geruchsstoffen, aber nicht bei höherer Komponentenzahl. Es gab auch weniger falsche Alarme bei „schlecht verschmelzenden Gerüchen“. Die Identifikationsrate bei nur einem Stoff war 88 % bei „olfaktorisch gut verschmelzenden Stoffen“ und 98 % bei „schlecht verschmelzenden“. „Olfaktorisch gut verschmelzende Stoffe“ waren demnach auch einzeln dargeboten schlechter identifizierbar. Auch bei dieser Studie gab es eine Familiarisationsphase mit Anpassung der Intensitäten. Während dieser Phase sollten Tester sich zudem pro Geruchsstoff an Situationen erinnern, mit denen sie diesen Geruch in Verbindung brachten. Obwohl es nach jedem Versuchsdurchgang direktes Feedback gab, gab es dennoch keine signifikante Verbesserung der Tester abhängig von der Durchgangszahl.

Da die meisten Studien zu Weinaromaanalysen nasale Schwellenwertbestimmung der einzelnen gefundenen und herausgefilterten Stoffkomponenten beinhalten und kein Herausriechen der einzelnen Stoffkomponenten aus dem kompletten Wein, berücksichtigen diese nicht die Wirkung der Aromakomponenten untereinander. Die Studien zu Mixturen

zeigen jedoch, dass eben diese bei der Wahrnehmung von Aromen aus einer Zusammensetzung von einer Vielzahl von aromaaktiven Stoffen bedeutsam ist.

Es ist daher nachvollziehbar, dass Weintester vor allem in „Prototypen“ denken [25]

In der Studie von Jinks u. Laing [49] war es nicht möglich bei mehr als zwei Geruchsstoffen ähnlicher Intensitäten in einer Mixtur diese zuverlässig zu identifizieren. In einer späteren Studie von Jinks u. Laing [50] zeigten sich ebenfalls Schwierigkeiten bei der Identifizierung von mehr als zwei Stoffen, die Identifikation von vier Stoffen lag im zufälligen Bereich. In der Studie von Laing u. Glemarec [59] hatten die Testenden große Schwierigkeiten mehr als drei Komponenten in den Mixturen zu identifizieren. Selektive Aufmerksamkeit auf jeweils einen bestimmten der Stoffe innerhalb der Mixturen brachte keine anderen Ergebnisse [59]. In der Studie von Livermore u. Laing [62] konnten bis zu vier Geruchsstoffe identifiziert werden. In einer großen Studie von Laing u. Francis [58] hatten die Tester vor allem Schwierigkeiten bei Mixturen mit mehr als drei Geruchsstoffen.

Geruchsstoffe in Mixturen mit vielen aromaaktiven Komponenten gleicher Intensitäten werden olfaktorisch zur Beurteilung somit anscheinend nicht individuell wahrgenommen. Vielmehr wird das „Geruchsbild“ als Ganzes wahrgenommen und daraus zieht das Gehirn eine Konsequenz in der Einschätzung, ohne dass es Zwischenschritte wie Beurteilung der einzelnen Geruchsstoffe gibt, die verbalisierbar sind. Die Studie von Jinks u. Laing [50] zeigt, dass bei Geruchsmischungen die bei den einzelnen Komponenten separat herausstechenden aromatischen Qualitäten teilweise nicht mehr empfunden werden. Andererseits reichen die herausstehenden Aromaempfindungen eines Stoffes in Mixturen teilweise trotz Vorhandensein nicht für ihre Identifikation aus [50]. Es zeigte sich dabei, dass selbst in binären Mixturen einige Informationen zu herausstechenden aromatische Qualitäten der Geruchsstoffe verloren gingen [50]. In einer anderen Studie wurden ebenfalls Auswirkungen in binären Mixturen mit Stoffen gleicher Intensitäten festgestellt, so war die Erkennungsschwelle des untersuchten Stoffes in Mixturen höher [60].

Somit bildet sich ein „Geruchsbild“ nicht zwangsläufig anhand von herausstechenden Geruchskomponenten. In der Studie von Jinks u. Laing [50] wurden jedoch Stoffe, die sich chemisch ähnelten, untersucht. Die Stoffe in einigen der anderen Studien wurden hinsichtlich ihrer Konzentration zudem soweit angeglichen, dass sich ihre Intensitäten ähnelten und sich nicht signifikant unterscheiden ließen [49, 50, 56, 59, 60]. Die Erkenntnisse dieser Studien schließen daher nicht aus, dass einzelne Aromastoffe aus Geruchsmixturen herausragen

können, soweit die Intensitäten nicht angeglichen sind und sich die chemische Form der Komponenten stark voneinander unterscheidet. Von Laing et al. [61] untersuchte ebensolche unähnliche Stoffe zeigten bei unterschiedlichen Intensitäten der Stoffe in binären Mixturen, dass der Stoff der höheren Intensität die Intensität des niedrigeren meist noch minderte. Auch bei Umkehrung der Intensitätsverhältnisse der Stoffe überwog der Stoff mit der höheren Intensität [61]. Laing et al. [56] fanden zudem in einer Studie mit quartären Mixturen, dass je mehr Komponenten in einer Mischung waren desto näher war die Intensität der Mischung an der Intensität der stärksten Komponente. In ihren Ergebnissen wurde bei unterschiedlichen Intensitäten die Intensität von einzelnen Komponenten teilweise verringert [56]. Zudem war die Gesamtintensität einer Mischung zwar größer als die eines einzelnen Geruchsstoffs, jedoch nicht so groß wie die Summation aller Einzelkomponenten [56].

Ein vom Gehirn als „Geruchsbild“ von Mixturen mit mehreren Komponenten – vornehmlich drei und aufwärts – abgespeicherter Geruchseindruck ist somit von vielen Faktoren abhängig. Dazu zählen einerseits die Konzentrations- sowie Intensitätsverhältnisse der Einzelkomponenten, andererseits die Ähnlichkeit ihrer chemischen Strukturen sowie die chemischen Eigenschaften generell, so auch die olfaktorische Verschmelzung von Stoffen [62]. Auch die Verarbeitungszeit der Einzelkomponenten spielt eine Rolle [49, 57]. Des Weiteren ist die Wahrnehmung auch an Emotionen und Erinnerungen geknüpft [34, 39, 69, 70]. Die „Unangenehmheit“ von Stoffen der Abwasserentsorgung in Mixturen war höher als von den einzelnen Komponenten [56]. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass bei Geruchsmixturen von mehreren als „unangenehm“ gewerteten Geruchsstoffen, die empfundene „Unangenehmheit“ mit zunehmender Anzahl solcher Stoffe stetig steigt. Die würde wiederum dazu führen, dass ein solcher Geruchseindruck stärker im Geruchsgedächtnis verankert würde (siehe Abschnitt 4.4.) und das Training der Wiedererkennung solcher Stoffe effektiver wäre.

Die Beurteilung der Alkoholfahne dürfte auch anhand solcher „Geruchsbilder“ ablaufen. Die Studien zu Weinanalysen zeigen, dass sich das Aroma der Weine durch eine große Zahl verschiedener Stoffe bildet [31, 37, 40-43, 64]. Bei Bier ist dies ähnlich [77]. Unklar ist dabei, inwieweit diese bzw. ihre Metaboliten auch nach Konsum Auswirkungen auf das Aroma der Alkoholfahne haben. Die Studie von Sprung et al. [74] gibt zwar einen grundsätzlichen Eindruck hierzu. Es ist jedoch unklar, inwieweit noch weitere, vielleicht für die Wahrnehmung entscheidende Komponenten in der Alkoholfahne enthalten sind, die zur Zeit der damaligen Studie aufgrund des Technikstandes noch nicht nachgewiesen werden konnten.

Interessant ist zudem ob sich diese Geruchsbilder eher anhand von herausstechenden Komponenten (z.B. Ethanol oder Butanol) bilden oder ob sich die Einzelkomponenten zu einem neuen „Geruchsbild“ vermischen. Es wäre außerdem zu klären, ob neben z.B. dem als unangenehm empfundenen Butanol [70] weitere Stoffe olfaktorisch herausstechen. Es ist vermutlich bei der Alkoholfahne entscheidend, ob diese neben Ethanol aus vielen verschiedenen Komponenten ähnlicher Intensitäten besteht oder ob die Begleitstoffe ein Mix aus vielen aromaaktiven Stoffen sehr unterschiedlicher Intensitäten sind. Vermutlich ist die Alkoholfahne zudem umso einprägsamer je mehr „unangenehme“ Stoffe sie enthält.

Neben den zuvor aufgezeigten Studien zur Beurteilbarkeit von Geruchskomponenten in Mixturen wurden auch Studien zur Unterscheidbarkeit von verschiedenen Weinen erstellt.

Takiguchi et al. [75] führten eine Untersuchung zur selektiven Aufmerksamkeit bei Mäusen bezüglich olfaktorisch wirksamer Stoffe durch. Die Mäuse konnten Rotwein A von den anderen Weinen (Weißwein, Rosé, Pflaumenwein und einem anderen Rotwein B) unterscheiden. Sie waren jedoch nicht alle in der Lage, ihn nach dem Training gegen destilliertes Wasser von dem sehr ähnlichen Rotwein C zu unterscheiden. Manche wählten korrekt immer Rotwein A, manche wählten im Zufallsbereich und manche bevorzugten gar Rotwein C. Nach Training von Rotwein A gegen C konnten alle Mäuse die beiden Rotweine unterscheiden. Bei Versuchen zu Konzentrationsunterschieden konnten Rotwein und eine Verdünnung auf 75 % gut unterschieden werden. Bei auf 80 % verdünntem Rotwein war dies deutlich schlechter. Ein Versuch mit dem Rotwein und einer Konzentrierung auf 200 % sorgte dafür, dass die Mäuse die höhere Konzentration wählten. Auch nach sieben weiteren Trainingsdurchgängen mit den beiden Konzentrationen änderte sich dies nicht. Mit Versuchen zu einzelnen Geruchsstoffen zeigte sich ein ähnliches Bild. Die Stoffe konnten unterschieden werden. Niedrigere Konzentrationen des gelernten Stoffes wurden unterschieden. Wenn der gelernte Stoff jedoch in höherer Konzentration angeboten wurde, wurde der höher konzentrierte gewählt. Nach 264 Trainingsdurchgängen insgesamt konnte Rotwein A von C unterschieden werden.

Eine Studie von Brand u. Brisson [24] untersuchte die unterschiedliche olfaktorische Wahrnehmung über die linke im Verhältnis zur rechten Nasenseite. Dabei entstehen sogenannte Lateralisierungseffekte. Hierbei wurden drei verschiedene Weine verwendet und das Abschneiden von Experten (Weintestern) im Vergleich zu Laien, sowie in beiden Gruppen Männer im Vergleich zu Frauen untersucht. Laien waren dabei signifikant besser in

der Erkennung des Glases mit Wein von jeweils zwei geschwärzten Gläsern (zur Ausschaltung von optischen Effekten), wobei das andere nur Wasser enthielt. Diese signifikant bessere Sensitivität bezieht sich dabei auf Tests mit jeweils 20 verschiedenen Verdünnungskonzentrationen der drei Weine im Test gegen Wasser. Dabei wurden mit dem linken Nasenloch – unabhängig vom Wein – signifikant niedrigere Erkennungsschwellen bei Laien im Verhältnis zu Experten gefunden. Weine wurden von Laien insgesamt signifikant als irritierender gewertet als von Weintestern. Die Weine wurden signifikant weniger angenehm von Laien im Verhältnis zu Weintestern eingestuft. Es zeigten sich bei all den Vergleichen keine Gendereffekte. Für einen der Weine (Sauvignon) wurden im Verhältnis zu den anderen beiden Weinen (Morgon, Riesling) niedrigere Erkennungsschwellen gefunden (unabhängig vom Nasenloch). Ein zusätzlich durchgeführter Test mit Butanol als generellem Sensitivitätsmarker zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Gruppen.

Wie auch schon Brand u. Brisson [24] mutmaßten, könnte das schlechtere Abschneiden der Weintester hinsichtlich der Sensitivität für Wein in verschiedenen Konzentrierungen gegen Wasser getestet dadurch erklärlich sein, dass Weintester durch ihren Beruf vor allem darauf trainiert sind die Qualität von Wein einzuschätzen. Sie sind damit also darauf trainiert, verschiedene Weine voneinander zu unterscheiden und nicht darauf, Wein von Wasser zu unterscheiden [24]. Andere Studien zeigen zudem, dass die Weinfarbe ebenfalls bei der Beurteilung der Weine eine Rolle spielt [25, 67]. Weintester führen zudem Geschmackstests durch, bei denen eine retronasale Wahrnehmung hinzukommt [26]. Das Setting ihrer beruflichen Weinbeurteilung weicht damit deutlich vom Setting der Studie von Brand u. Brisson [24] ab. Positive Trainingseffekte fallen damit vermutlich weg, die starken Abweichungen zum beruflichen Setting können damit eher gegenteilige Auswirkungen durch eine Verunsicherung im Vergleich zu den gelernten Beurteilungsstrukturen haben. Somit wäre möglicherweise das bessere Abschneiden der Laien im Verhältnis zu den Weintestern dieser Studie [24] zu erklären.

Auch die Studie mit den im Vergleich deutlich besseren Ergebnisse der Mäuse von Takiguchi et al. [75] spricht für diese These, da die Mäuse nur mit olfaktorischen Reizen beurteilten. Diese Konzentration auf die olfaktorischen Stimuli könnte dabei die besseren Ergebnisse erklären. Andererseits könnte es aber auch schlicht sein, dass Mäuse eben bessere olfaktorische Fähigkeiten als Menschen haben.

Die eigene vorgelegte Studie zeigt hingegen ein signifikant besseres Abschneiden der Experten im Vergleich zu den Laien. Hierbei wurde jedoch nicht nur die Sensitivität, sondern vor allem die Unterscheidung der einzelnen Promillestufen untersucht. Das Setting war dabei ein ganz anderes, welches zudem deutlich näher an dem beruflichen Setting der Experten dran war und dadurch auch besser geeignet war die Trainingseffekte widerzuspiegeln. Zudem wurden Alkoholproben untersucht, welche nicht nur Ethanol und Begleitstoffe der Getränke sondern auch deren Metaboliten sowie andere Konzentrationsverhältnisse hatten als die von Brand u. Brisson [24] untersuchten alkoholischen Getränke. Des Weiteren beschränkten sich Brand u. Brisson auf drei Weine, wobei die vorgelegte Studie drei unterschiedliche Getränke mit stärker abweichendem Begleitstoffprofil beurteilt und eine allgemeinere Aussagekraft hat als die reine Untersuchung von drei ähnlichen Weinen. Hauptsächlich interessant an der Studie von Brand u. Brisson ist die dennoch signifikant niedrigere Erkennungsschwelle eines der Weine im Vergleich zu den anderen beiden. Zudem wurde von Brand u. Brisson jeweils immer nur eine Nasenseite getestet. Es wäre möglich, dass Trainingseffekte der Experten aber eben gerade erst im besseren Zusammenspiel beider Nasenseiten sowie deren Weiterleitung ins Gehirn und der dortigen Verarbeitung entstehen.

Die 0 % - Kontrollen der eigenen Studie unterscheiden sich signifikant von Bier und Wein, jedoch nicht von Wodka. Es ist keine signifikante Unterscheidbarkeit der verschiedenen alkoholischen Getränke belegbar. Dennoch ist es zumindest aufgrund der im Gegensatz zu Bier und Wein bei Wodka nicht signifikant höheren Schätzungen zu den Kontrollen nicht unwahrscheinlich, dass zumindest Wodka niedriger als Bier und Wein wahrgenommen wird. Dies müsste jedoch mit einer größeren Probandengruppe verifiziert werden.

Zudem wäre ein Vergleich mit alkoholischen Getränken mit einem stärker ausgeprägten Begleitalkoholprofil interessant, eine Unterscheidbarkeit, vor allem von Wodka, wäre denkbar. Hierzu würden sich insbesondere Branntweine, die deutlich höhere Methanol-, 2-Butanol- etc. Werte aufweisen, eignen.

Begleitstoffe werden auch über den Atem abgegeben. In Studien mit Ratten zeigte sich teilweise eine Abatmung von 15 % von Propanol-2 [21, 66]. Die experimentell untersuchte Abgabe über die Atemluft wird bei Methanol teilweise mit 50-60 % angegeben, andere Studien zeigten Werte von 15 % [21]. Metaboliten werden ebenfalls teilweise über den Atem abgegeben, z.B. wird Aceton bei Konsum von Propanol-2 abgeatmet [21]. Laut Sprung et al. [74] wurden die Aldehyde und Ketone der Fuselalkohole in der Atemluft in deutlich höherer

Konzentration wiedergefunden als die entsprechenden Alkohole. Die Metabolitenausscheidung nahm dabei deutlich während der ersten 2 Stunden nach Trinkende zu [74]. Interessant wären weitere Studien zu der genauen Zusammensetzung der Ausatemluft bezüglich Begleitstoffen und deren Metaboliten sowie deren Konzentrationsverhältnissen, vor allem auch unter dem Aspekt, dass mit dem heutigen Stand der Technik bessere Möglichkeit zum Finden von Stoffen bestehen. Vermutlich könnten hierdurch mittlerweile mehr aromaaktive Stoffe in Alkoholfahnen gefunden werden. Es könnten einerseits orientierende Untersuchungen von ausgewählten, für die jeweiligen Getränkeklassen typischen Getränke erfolgen. Wie früher bereits geschehen könnten zudem Untersuchungen mit Kombinationen aus Ethanol und jeweils einem der Begleitstoffe durchgeführt werden, sodass jeweils nur die olfaktorischen Eindrücke von einem der Begleitstoffe getestet werden. Letzteres wäre eine gute Möglichkeit um eine erste Orientierung zum Einfluss der einzelnen Komponenten auf das gesamte Geruchserlebnis zu erhalten. Weitere Studien zu mehreren Geruchsstoffen, teils mit angeglichenen Intensitäten, teils mit abweichenden Intensitäten könnten dann weiteren Aufschluss über die Relevanz der einzelnen Geruchsstoffe einer „Alkoholfahne“ bei deren Beurteilung liefern.

4.6. Schlussfolgerung

Die vorgelegte Studie zeigt, dass Konzentrationsunterschiede von Atemalkoholkonzentrationen wahrnehmbar sind. Diese Studie hat gezeigt, dass durch ihren Beruf trainierte Experten signifikant besser in der Einschätzung der Alkoholfahne sind als diesbezügliche Laien. Es tritt bei der Expertengruppe kein geschlechtsspezifischer Effekt auf, männliche und weibliche Experten unterscheiden sich nicht signifikant in ihren olfaktorischen Einschätzungen. Bei Laien hingegen schätzen Frauen signifikant höhere Werte als Männer. Da die Expertengruppe laut der Studie von Hummel et al. [47] aufgrund des Altersdurchschnitts eher schlechtere Werte als die Gruppe der Laien aufweisen müsste, treten entweder keine altersspezifischen Effekte auf oder sie werden durch Trainingseffekte relativiert.

Wie neben dieser Studie auch einige andere Studien darlegen, hat Training der olfaktorischen Funktion [29, 30, 32, 38, 44, 45, 47-50, 53, 54, 56-59, 62, 68, 78] einen starken Effekt, der andere Effekte – so auch geschlechtsspezifische und altersbedingte – anscheinend überwiegt. Habituationseffekte [39, 76, 79] sorgen vermutlich eher dafür, dass die Alkoholfahne in mit

Alkoholaroma angereicherten Räumen sowie während längerer Gespräche mit alkoholisierten Personen nach einer gewissen Zeit ohne Unterbrechung durch einen anderen Duft (z.B. Kaffee) schlechter wahrgenommen werden. Sie haben daher wohl vor allem einen kurzzeitigen Effekt auf die Wahrnehmung der Alkoholfahne.

Es ist anzunehmen, dass in Kombination mit häufiger Rückmeldung zu den tatsächlichen Alkoholkonzentrationen der Trainingseffekt durch die Aktivierung des „körpereigenen Alarmsystems“ [34, 46] letztlich den stärksten Effekt auf die Fähigkeit, den Alkoholisierungsgrad anhand einer Alkoholfahne einzuschätzen, hat. Die olfaktorischen Fähigkeiten sind anscheinend einer vom Gehirn generell unterzogenen Relevanzprüfung untergeordnet, wobei alles was als Zeichen für Gefahren gewertet wird vermutlich höhere Priorität erhält [29, 30, 34, 46, 68]. Durch die Einstufung als unangenehm von z.B. Butanol, das eine Komponente der Alkoholfahne ist, wird dieses „Alarmsystem“ anscheinend aktiviert [39, 69, 70]. Zusätzlich aktivieren Stoffe wie Methanol den Trigemini [35], der ebenfalls als Teil des Alarmsystems gewertet wird. Das gezielte Riechen der Alkoholfahne statt beiläufiger Wahrnehmung verstärkt vermutlich den Trainingseffekt, da es anscheinend wichtige Gehirnareale vorbereitet und so eine bessere Verarbeitung der olfaktorischen Informationen sowie eine effektivere Speicherung im Gedächtnis möglich ist [72].

Die Getränke zeigten sich dabei nicht signifikant unterschiedlich in der Wahrnehmbarkeit. Bier und Wein ließen sich jedoch signifikant von den Kontrollen unterscheiden. Wodka hingegen wurde im Vergleich zu den Kontrollen nicht signifikant anders wahrgenommen. Wie auch die Getränke selbst besteht die Alkoholfahne aus einer Vielzahl verschiedener Stoffe, die olfaktorisch wahrgenommen werden [21, 31, 37, 40-43, 64, 74, 77].

Wie andere Studien zeigten, hängt die olfaktorische Wahrnehmung eines Geruchstoffes einerseits von der Art der Bewertung (angenehm vs. unangenehm [70]), der Polarität [15], der chemischen Struktur [41, 51] und der Intensität der Stoffe wie auch von deren Konzentrationsverhältnissen [15] ab. Hierbei fällt die Wahrnehmbarkeit meistens zu Gunsten der unangenehm gewerteten Stoffe höherer Intensität und Konzentration aus. Dies dürfte auch auf die Alkoholfahne zutreffen. Zudem ist entscheidend ob die Geruchsstoffe einzeln oder als Geruchsmixtur gerochen werden. Hierbei nimmt zumindest bei Stoffen gleicher Intensitäten die Beurteilbarkeit der einzelnen Stoffe desto stärker ab je höher die Anzahl der Stoffe ist, sodass die Stoffe zunehmend nicht mehr einzeln wahrgenommen werden, sondern zu einem neuen Geruch verschmelzen [49, 50, 56-62]. Ab ungefähr vier Stoffen ist dabei eine

Beurteilung von Stoffen gleicher Intensitäten für die meisten kaum mehr möglich. Je nachdem wie die Intensitäten innerhalb der Alkoholfahne ausfallen, könnte auch hier ein „Geruchsbild“ durch Verschmelzung der verschiedenen Stoffkomponenten entstehen, das als Ganzes bei der Beurteilung wahrgenommen wird [62].

Auch die verschiedenen Verschaltungsmöglichkeiten und vor allem die Regenerationsfähigkeit der Zellen [46] sowie die begrenzte Lebensspanne von z.B. Rezeptorneuronen [38] lassen darauf schließen, dass sowohl auf der Ebene der peripheren Nerven (Rezeptorzellen) als auch in höheren Hirnregionen (Interneurone) Effekte der Anpassung, so z.B. durch Trainingseffekte, möglich sind. Weitere Studien müssten zeigen welche dieser Effekte die stärksten Auswirkungen auf die Wahrnehmung der Alkoholfahne haben und ob sich z.B. durch eine größere Studienteilnehmeranzahl letztlich doch alle alkoholischen Getränke signifikant von den Kontrollen oder die untersuchten alkoholischen Getränke sich signifikant voneinander unterscheiden lassen.

5. Zusammenfassung

Vor Gericht ist der Alkoholisierungsgrad eines Angeklagten oder Zeugen in vielen Fällen ein wichtiger Aspekt. Es fehlen jedoch häufig tatzzeitbezogene Atemalkohol- sowie Blutalkoholkonzentrationsmessungen. Das Fehlen dieser wichtigen Daten führt zu Einschätzungen des Alkoholisierungsgrades durch Zeugenaussagen. Ihre Einschätzungen basieren neben beobachteten körperlichen Ausfallerscheinungen sowie beobachtetem Alkoholkonsum auf der Wahrnehmung der sog. Alkoholfahne. Zudem hängen von der spontanen Wahrnehmung von Alkoholgeruch in der Atemluft einer Person in der Praxis weitere polizeiliche Maßnahmen (z.B. Durchführung der AAK-Probe) ab. Es ist daher wichtig, die olfaktorischen Fähigkeiten von Menschen bezüglich der Wahrnehmung der Alkoholfahne einschätzen zu können. Diese Studie beschäftigt sich mit der Frage, inwieweit es möglich ist die Atemalkoholkonzentration (= AAK) anhand der Alkoholfahne einzuschätzen. Wir untersuchten die Fähigkeiten einer Gruppe von Experten (Rechtsmediziner) und einer Gruppe von Laien bezüglich dieser Fragestellung. Zudem untersuchten wir inwieweit die Fähigkeiten von Männern und Frauen hierbei unterschiedlich sind. Die Studienteilnehmer schätzten Personen mit Atemalkoholkonzentrationen von 0,3 ‰, 0,5 ‰, 0,8 ‰, 1,1 ‰ sowie 0,0 ‰-Kontrollen ein. Neben drei Kontrollen wurden in jeder Promillestufe jeweils drei Personen untersucht, wobei eine davon Bier, eine Wein und eine

Wodka trank. Es wurde getestet, ob Unterschiede in der Wahrnehmbarkeit der unterschiedlichen alkoholischen Getränke mit unterschiedlichen Begleitstoffprofilen bestehen.

Es gab keine signifikanten Unterschiede bei der Einschätzbarkeit zwischen den verschiedenen alkoholischen Getränken. Es konnten jedoch Bier und Wein signifikant von den Negativkontrollen unterschieden werden, wohingegen Wodka keine signifikante Unterscheidbarkeit bot. Die Experten waren signifikant ($p = 0,014$) besser im Einschätzen der Atemalkoholkonzentration als die Laien. Laien waren nicht in der Lage, die AAK anhand der Alkoholfahne einzuschätzen. Experten schätzten die niedrigen AAK-Werte zu hoch und die hohen zu niedrig ein, sie konnten jedoch zumindest die Tendenz der Atemalkoholkonzentration einschätzen. Es trat kein geschlechtsspezifischer Effekt in der Expertengruppe auf. Im Vergleich hierzu schätzten die weiblichen Laien die AAK signifikant höher als männliche Laien. Die Wahrnehmung von Gerüchen sowie das olfaktorische Gedächtnis sind sehr komplexe Prozesse, die durch viele verschiedene Faktoren beeinflusst werden. Training hat anscheinend einen großen Einfluss auf die olfaktorischen Fähigkeiten hinsichtlich der Einschätzung von Alkoholfahnen, was etwaige geschlechtsspezifische Effekte aufhebt.

6. Summary

In the court room the alcoholisation level of a defendant or witness is an important aspect in many cases. However, in many cases breath alcohol and blood alcohol concentration measures are lacking concerning the time of the offence. The absence of this important data leads to estimation of the alcoholisation level by witnesses' testimonies. They base their estimations beside disturbed functions and observation of consumption of alcoholic beverages on the smell of alcohol on one's breath. Furthermore, in practice further police actions (e.g. sampling breath alcohol concentrations) depend on the spontaneous perception of the smell of alcohol on one's breath. Hence it is important to estimate the olfactory skills concerning the smell of alcohol. This study is about the question to what extent it is possible to rate the alcoholisation level by means of olfactory breath alcohol analysis. We examined the skills of a group of experts in estimating the smell of alcohol (coroners) and a group of laymen concerning this matter. Furthermore, we examined if the skills of women and men are different to this effect. They had to estimate people at the alcoholisation levels 0.3 g/kg, 0.5 g/kg, 0.8 g/kg, 1.1 g/kg and 0.0 g/kg controls. Beside three controls, for each level of

alcoholisation three persons were examined, one reaching the level by drinking beer, one drinking wine and one drinking vodka. It was examined if there was a difference in estimating the different beverages, which all had a different profile of congeners. There was no significant difference in estimation between the different beverages. Nevertheless, beer and wine could be significantly distinguished from the controls while vodka did not differ significantly. We found our group of experts to be significantly ($p = 0.014$) better in estimating the alcoholisation level than our group of laymen. Laymen could not estimate the alcoholisation by means of smell of alcohol in one's breath. Experts estimated the low levels too high and the high levels too low, nevertheless they were able to distinguish the tendency of alcoholisation levels. There was no gender effect in the expert's group. In contrast the female laymen estimated significantly higher than the male laymen. The perception of odors as well as the olfactory memory are complex processes which are affected by various parameters. Training seems to have a huge effect on the skills of olfactory estimation of the smell of alcohol in one's breath, annulling gender effects.

7. Literaturverzeichnis

1. (2010) Finanzen und Steuern - Arbeitsunterlage zu den Verbrauchsteuerstatistiken - Zeitreihe für die Berichtsjahre 1991 bis 2009. Statistisches Bundesamt
2. (2010) Finanzen und Steuern - Brauwirtschaft - 2009; Fachserie 14, Reihe 9.2.2 Statistisches Bundesamt
3. (2011) Finanzen und Steuern - Brauwirtschaft - 2010; Fachserie 14, Reihe 9.2.2 Statistisches Bundesamt
4. (2011) Verkehrsunfälle - Alkoholunfälle im Straßenverkehr - 2010; . Statistisches Bundesamt
5. (2012) Finanzen und Steuern - Brauwirtschaft - 2011; Fachserie 14, Reihe 9.2.2 Statistisches Bundesamt
6. (2012) Verkehrsunfälle - Unfälle unter dem Einfluss von Alkohol oder anderen berauschenden Mitteln im Straßenverkehr - 2011. Statistisches Bundesamt
7. (2013) Finanzen und Steuern - Brauwirtschaft - 2012; Fachserie 14, Reihe 9.2.2 Statistisches Bundesamt
8. (2013) Verkehrsunfälle - Unfälle unter dem Einfluss von Alkohol oder anderen berauschenden Mitteln im Straßenverkehr - 2012. Statistisches Bundesamt
9. (2014) Finanzen und Steuern - Brauwirtschaft - 2013; Fachserie 14, Reihe 9.2.2 Statistisches Bundesamt
10. (2014) Verkehrsunfälle - Unfälle unter dem Einfluss von Alkohol oder anderen berauschenden Mitteln im Straßenverkehr - 2013. Statistisches Bundesamt
11. (2015) Finanzen und Steuern - Arbeitsunterlage zu den Verbrauchsteuerstatistiken - Zeitreihe für die Berichtsjahre 2000 bis 2014. Statistisches Bundesamt
12. (2015) Finanzen und Steuern - Brauwirtschaft - 2014; Fachserie 14, Reihe 9.2.2 Statistisches Bundesamt
13. (2015) Verkehrsunfälle - Unfälle unter dem Einfluss von Alkohol oder anderen berauschenden Mitteln im Straßenverkehr - 2014. Statistisches Bundesamt
14. (2016) Finanzen und Steuern - Brauwirtschaft - 2015; Fachserie 14, Reihe 9.2.2 Statistisches Bundesamt
15. Bell GA, Laing DG, Panhuber H (1987) Odour mixture suppression: evidence for a peripheral mechanism in human and rat. *Brain Res* 426:8-18
16. Bensafi M, Rouby C (2007) Individual differences in odor imaging ability reflect differences in olfactory and emotional perception. *Chem Senses* 32:237-244
17. Boenninghaus H-G, Lenarz T (2007) *HNO*. Springer, Heidelberg
18. Bond J, Witbrodt J, Ye Y, Cherpitel CJ, Room R, Monteiro MG (2014) Exploring structural relationships between blood alcohol concentration and signs and clinical assessment of intoxication in alcohol-involved injury cases. *Alcohol Alcoholism* 49:417-422
19. Bonte W (1978) Begleitsubstanzen in Wein und weinähnlichen Getränken. *Blutalkohol* 16:108-124
20. Bonte W (1979) Begleitsubstanzen deutscher und ausländischer Biere. *Blutalkohol* 16:108-124
21. Bonte W (1987) Begleitstoffe alkoholischer Getränke. Biogenese, Vorkommen, Pharmakologie, Physiologie und Begutachtung. Schmidt-Römhild, Lübeck
22. Bonte W, Decker J, Busse J (1978) Begleitsubstanzen hochprozentiger alkoholischer Getränke. *Blutalkohol* 15:323-338
23. Borkenstein RF, Crowther RF, Shumate RP, Ziel WB, Zylman R (1974) The role of the drinking driver in traffic accidents (THE GRAND RAPIDS STUDY). *Blutalkohol* 11 (Supplement 1):1-132
24. Brand G, Brisson R (2012) Lateralisation in wine olfactory threshold detection: comparison between experts and novices. *Laterality* 17:583-596

25. Brochet F, Dubourdieu D (2001) Wine descriptive language supports cognitive specificity of chemical senses. *Brain Lang* 77:187-196
26. Buettner A (2004) Investigation of potent odorants and afterodor development in two Chardonnay wines using the buccal odor screening system (BOSS). *J Agr Food Chem* 52:2339-2346
27. Bundesvorstand GdP (2014) Polizeiarbeit erleichtern - Handlungssicherheit erhalten! GdP Hamburg: Richtervorbehalt bei Blutprobenentnahmen abschaffen - CDU-Vorschlag unterstützt. Hamburg
28. CDU/CSU (2014) Konferenz der Innenpolitischen Sprecher von CDU/CSU in Bund und Ländern. Erfurter Erklärung vom 9. Mai 2014. Erfurt
29. Comoglu S, Orhan KS, Kocaman SU, Celik M, Keles N, Deger K (2015) Olfactory Function Assessment of Blind Subjects Using the Sniffin' Sticks Test. *Otolaryng Head Neck* 153:286-290
30. Cuevas I, Plaza P, Rombaux P, De Volder AG, Renier L (2009) Odour discrimination and identification are improved in early blindness. *Neuropsychologia* 47:3079-3083
31. Culleré L, Escudero A, Cacho J, Ferreira V (2004) Gas chromatography-olfactometry and chemical quantitative study of the aroma of six premium quality spanish aged red wines. *J Agr Food Chem* 52:1653-1660
32. Damm M, Pikart LK, Reimann H, Burkert S, Göktas Ö, Haxel B, Frey S, Charalampakis I, Beule A, Renner B, Hummel T, Hüttenbrink KB (2014) Olfactory training is helpful in postinfectious olfactory loss: a randomized, controlled, multicenter study. *Laryngoscope* 124:826-831
33. Damm M, Temmel A, Welge-Lussen A, Eckel HE, Kreft MP, Klussmann JP, Gudziol H, Huttenbrink KB, Hummel T (2004) [Olfactory dysfunctions. Epidemiology and therapy in Germany, Austria and Switzerland]. *HNO* 52:112-120
34. Doty RL (2009) The olfactory system and its disorders. *Semin Neurol* 29:74-81
35. Doty RL, Brugger WE, Jurs PC, Orndorff MA, Snyder PJ, Lowry LD (1978) Intranasal trigeminal stimulation from odorous volatiles: psychometric responses from anosmic and normal humans. *Physiol Behav* 20:175-185
36. Doty RL, Shaman P, Applebaum SL, Giberson R, Siksorski L, Rosenberg L (1984) Smell identification ability: changes with age. *Science* 226:1441-1443
37. Ferreira V, Aznar M, López R, Cacho J (2001) Quantitative gas chromatography-olfactometry carried out at different dilutions of an extract. Key differences in the odor profiles of four high-quality Spanish aged red wines. *J Agr Food Chem* 49:4818-4824
38. Fleiner F, Lau L, Göktas Ö (2012) Active olfactory training for the treatment of smelling disorders. *Ear Nose Throat J* 91:198-215
39. Franzen A (2007) *Kurzlehrbuch Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*. Urban & Fischer, München
40. Gürbüz O, Rouseff JM, Rouseff RL (2006) Comparison of aroma volatiles in commercial Merlot and Cabernet Sauvignon wines using gas chromatography-olfactometry and gas chromatography-mass spectrometry. *J Agr Food Chem* 54:3990-3996
41. Guth H (1996) Determination of the configuration of wine lactone. *Helv Chim Acta* 79:1559-1571
42. Guth H (1997) Identification of character impact odorants of different white wine varieties. *J Agr Food Chem* 45:3022-3026
43. Guth H (1997) Quantitation and sensory studies of character impact odorants of different white wine varieties. *J Agr Food Chem* 45:3022-3026
44. Haehner A, Mayer AM, Landis BN, Pournaras I, Lill K, Gudziol V, Hummel T (2009) High test-retest reliability of the extended version of the "Sniffin' Sticks" test. *Chem Senses* 34:705-711

45. Haehner A, Tosch C, Wolz M, Klingelhoefner L, Fauser M, Storch A, Reichmann H, Hummel T (2013) Olfactory training in patients with Parkinson's disease. *Plos One* 8:e61680
46. Holbrook EH, Leopold DA (2006) An updated review of clinical olfaction. *Curr Opin Otolaryngo* 14:23-28
47. Hummel T, Kobal G, Gudziol H, Mackay-Sim A (2007) Normative data for the "Sniffin' Sticks" including tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds: an upgrade based on a group of more than 3,000 subjects. *Eur Arch Oto-Rhino-L* 264:237-243
48. Hummel T, Rissom K, Reden J, Hähner A, Weidenbecher M, Hüttenbrink KB (2009) Effects of olfactory training in patients with olfactory loss. *Laryngoscope* 119:496-499
49. Jinks A, Laing DG (1999) Temporal processing reveals a mechanism for limiting the capacity of humans to analyze odor mixtures. *Cognitive Brain Res* 8:311-325
50. Jinks A, Laing DG (2001) The analysis of odor mixtures by humans: evidence for a configurational process. *Physiol Behav* 72:51-63
51. Kirsch F, Buettner A (2013) Odor qualities and thresholds of physiological metabolites of 1,8-cineole as an example for structure-activity relationships considering chirality aspects. *Chem Biodivers* 10:1683-1695
52. Klinke R, Pape H-C, Silbernagel S (2005) *Physiologie*. Thieme, Stuttgart
53. Konstantinidis I, Printza A, Genetzaki S, Mamali K, Kekes G, Constantinidis J (2008) Cultural adaptation of an olfactory identification test: the Greek version of Sniffin' Sticks. *Rhinology* 46:292-296
54. Konstantinidis I, Tsakiropoulou E, Bekiaridou P, Kazantzidou C, Constantinidis J (2013) Use of olfactory training in post-traumatic and postinfectious olfactory dysfunction. *Laryngoscope* 123:E85-90
55. Kupers R, Beaulieu-Lefebvre M, Schneider FC, Kassuba T, Paulson OB, Siebner HR, Ptito M (2011) Neural correlates of olfactory processing in congenital blindness. *Neuropsychologia* 49:2037-2044
56. Laing DG, Eddy A, Best DJ (1994) Perceptual characteristics of binary, trinary, and quaternary odor mixtures consisting of unpleasant constituents. *Physiol Behav* 56:81-93
57. Laing DG, Eddy A, Francis GW, Stephens L (1994) Evidence for the temporal processing of odor mixtures in humans. *Brain Res* 651:317-328
58. Laing DG, Francis GW (1989) The capacity of humans to identify odors in mixtures. *Physiol Behav* 46:809-814
59. Laing DG, Glemarec A (1992) Selective attention and the perceptual analysis of odor mixtures. *Physiol Behav* 52:1047-1053
60. Laing DG, Panhuber H, Slotnick BM (1989) Odor masking in the rat. *Physiol Behav* 45:689-694
61. Laing DG, Panhuber H, Willcox ME, Pittman EA (1984) Quality and intensity of binary odor mixtures. *Physiol Behav* 33:309-319
62. Livermore A, Laing DG (1998) The influence of odor type on the discrimination and identification of odorants in multicomponent odor mixtures. *Physiol Behav* 65:311-320
63. Löffler G, Pertrides PE (2003) *Biochemie & Pathobiochemie*. Springer, Heidelberg
64. López R, Ortín N, Pérez-Trujillo JP, Cacho J, Ferreira V (2003) Impact odorants of different young white wines from the Canary Islands. *J Agr Food Chem* 51:3419-3425
65. Luers JC, Mikolajczak S, Hahn M, Wittekindt C, Beutner D, Hüttenbrink K-B, Damm M (2013) Do the blinds smell better? *Eur Arch Oto-Rhino-L* 271:1933-1937
66. Madea B, Brinkmann B (2003) *Handbuch gerichtliche Medizin 2*. Springer, Berlin Heidelberg New York
67. Morrot G, Brochet F, Dubourdieu D (2001) The color of odors. *Brain Lang* 79:309-320

68. Murphy C, Cain WS (1986) Odor identification: the blind are better. *Physiol Behav* 37:177-180
69. Probst R, Grevers G, Iro H (2008) *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*. Thieme, Stuttgart
70. Royet JP, Plailly J, Delon-Martin C, Kareken DA, Segebarth C (2003) fMRI of emotional responses to odors: influence of hedonic valence and judgment, handedness, and gender. *Neuroimage* 20:713-728
71. Smith RS, Doty RL, Burlingame GK, McKeown DA (1993) Smell and taste function in the visually impaired. *Percept Psychophys* 54:649-655
72. Sobel N, Prabhakaran V, Desmond JE, Glover GH, Goode RL, Sullivan EV, Gabrieli JD (1998) Sniffing and smelling: separate subsystems in the human olfactory cortex. *Nature* 392:282-286
73. Soyka M, Kufner H (2008) *Alkoholismus - Mißbrauch und Abhängigkeit*. Thieme, Stuttgart
74. Sprung R, Rüdell E, Bonte W, Frauenrath C (1982) The determination of beverage-type by means of breath analysis. In: Council SAaD (ed). Valverius, M. Stockholm
75. Takiguchi N, Okuhara K, Kuroda A, Kato J, Ohtake H (2008) Performance of mice in discrimination of liquor odors: behavioral evidence for olfactory attention. *Chem Senses* 33:283-290
76. Thompson RF, Spencer WA (1966) Habituation: a model phenomenon for the study of neuronal substrates of behavior. *Psychol Rev* 73:16-43
77. Vera L, Aceña L, Guasch J, Boqué R, Mestres M, Busto O (2011) Characterization and classification of the aroma of beer samples by means of an MS e-nose and chemometric tools. *Anal Bioanal Chem* 399:2073-2081
78. Wang L, Chen L, Jacob T (2004) Evidence for peripheral plasticity in human odour response. *J Physiol* 554:236-244
79. Wilson DA (2009) Olfaction as a model system for the neurobiology of mammalian short-term habituation. *Neurobiol Learn Mem* 92:199-205
80. Zeeck A, Grond S, Papastavrou I, Zeeck SC (2014) *Chemie für Mediziner*. Urban & Fischer, München

8. Anhang

8.1. Anhang 1 – Übersicht Begleitstoffe der verschiedenen Getränke im Atemalkohol 9 Minuten nach Ausspülen des Mundes

	Ethanol		Propanol-1		Butanol-2		Isobutanol		2-Methylbutanol-1		3-Methylbutanol-1	
Scotch	344	179	0,067	0,01	0,0	0,0	0,350	0,06	0,566	0,08	1,058	0,14
Irish Whiskey	344	176	0,298	0,07	0,0	0,0	0,096	0,02	0,090	0,01	0,105	0,04
Cognac	328	190	0,167	0,02	0,002	0,0	0,273	0,04	0,296	0,04	1,066	0,15
German Brandy	304	149	0,164	0,02	0,016	0,01	0,322	0,05	0,166	0,03	0,918	0,11
Rum	328	196	0,306	0,04	0,008	0,0	0,063	0,01	0,008	0,0	0,028	0,0
Fruit Brandy	344	183	0,639	0,09	1,068	0,12	0,124	0,02	0,223	0,03	0,468	0,05
"Apfelkorn"	200	107	0,008	0,0	0,0	0,0	0,003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vodka	328	149	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
White Wine	86	47	0,653	0,0	0,0	0,0	0,100	0,02	0,093	0,01	0,175	0,02
Red Wine	90	51	0,098	0,01	0,0	0,0	0,116	0,02	0,104	0,02	0,366	0,03
Pilsener Beer	38	21	0,018	0,0	0,0	0,0	0,010	0,0	0,049	0,01	0,152	0,02
"Alt" Beer	43	23	0,028	0,01	0,0	0,0	0,040	0,01	0,103	0,02	0,349	0,03

Conquer content of some alcoholic beverages (left side, in g/l) and of breath 5 minutes after mouth rinsing (right side, in mg/l; calibration by means of head-space method).

Abbildung 21: Figur 8. Aus Sprung et al. (1982) The determination of beverage-type by means of breath analysis. In: Valverius, M. (Ed.), Roadside surveys. Swedish Alcohol and Drugs Council. Stockholm

8.2. Anhang 2 – wichtige Begleitstoffe der verschiedenen Getränkeklassen

Getränkklasse	n	Methanol	Propanol-1	Butanol-2	Iso-butanol	Butanol-1	2-Methylbutanol-1	3-Methylbutanol-1
Bier								
Untergäriges Vollbier	545	7±3	13±3	0	13±4	0	13±3	52±12
Untergäriges Starkbier	53	8±3	16±5	0	18±6	0	19±3	73±14
„Alkoholfreies“ Bier	37	1–8	0–19	0	0–18	0	0–17	0–69
Diät-Bier	11	1–8	8–21	0	9–18	0	8–17	31–74
Altbier	28	3–19	11–39	0	9–40	0	11–24	37–86
Weißbier	22	4–22	10–30	0	9–85	0	8–28	34–84
Ausländ. obergär. Bier	74	1–19	10–73	0	9–90	0	10–49	43–124
Wein								
Weißwein	460	29±16	31±8	0	56±18	0–8	27±6	112±25
Rotwein	282	104±30	30±7	0–1	47±15	0–7	33±6	137±26
Rosewein	16	12–41	15–30	0	24–99	0	4–73	31–314
Schaumwein (weiß)	53	16±8	31±5	0	53±15	0–9	30±7	126±28
Sherry	15	11–149	14–59	0–2	8–74	1–4	1–40	4–173
Portwein	8	19–51	25–54	1–2	82–152	1–3	38–92	168–424
Madeira	6	256–462	18–27	0	35–133	0–3	16–43	73–198
Wermut	14	9–98	9–58	0–1	16–71	0–9	2–35	11–151
Obstwein	21	6–123	5–217	0–4	13–110	0–8	4–41	23–190
Reiswein	9	7–48	23–43	0–4	8–41	0–1	1–22	7–95
Branntwein								
Cognac	25	273±97	184±23	0–6	385±56	0–1	125±33	764±86
Armagnac	16	270±104	138±21	0–1	318±42	0–1	171±29	747±59
Deutscher Weinbrand	25	272±76	130±22	1–18	252±38	0–4	77–186	482–961
Calvados	11	311–639	94–430	86–424	52–249	20–81	21–110	87–596
Williams Christ	18	3783±983	1382±686	609±479	210±71	211±148	65±21	307±131
Obstler	9	562–1642	82–267	41–430	12–336	5–78	12–202	58–1073

Getränkklasse	n	Methanol	Propanol-1	Butanol-2	Iso-butanol	Butanol-1	2-Methylbutanol-1	3-Methylbutanol-1
Branntwein (Fortsetzung)								
Kirschwasser	19	2202±355	2218±1227	121±30	151±36	1–17	60±15	307±80
Aprikosen/Marillen	10	1874–4298	438–1877	327–1395	95–276	5–204	19–57	124–249
Zwetschgenwasser	16	3697±881	1039±688	64±56	230±96	53±33	62±18	341±83
Slivovitz	15	1513–4037	326–1506	26–187	58–301	7–145	28–72	139–386
Himbeergeist	12	206–986	0–206	0–138	0–231	0–18	0–152	0–407
Deutscher Rum	14	7–31	125–358	0–2	73–264	0–7	2–33	77–295
Orig. Karibik-Rum	27	6–74	34–3633	0–126	8–455	0–1	0–219	0–788
Österr. Inländer-Rum	8	1–4	7–30	0	0–18	0–2	0	0–4
Rum-Verschnitt	16	0	20–175	0–10	1–39	0–6	0–6	0–49
Scotch Whisky (Blended)	50	112±19	171±29	0	263±36	0	59±12	239±44
Scotch Whisky (Malt)	23	159±9	131±16	0	376±34	0	118±10	486±40
Irish Whiskey	6	6–110	170–205	0	284–413	0	72–89	288–338
US-Whiskey	22	196–328	50–193	0	388±99	0	271±53	1059±188
Canadian Whisky	8	70–90	13–82	0	20–50	0	26–55	102–197
Korn, Doppelkorn*	49	4–95	0–6	0	0–1	0	0–10	0–16
Wacholder	14	15–81	0	0	0	0–1	0	0–1
Aquavit	22	4–650	0–105	0	0–3	0–1	0–2	0–4
Gin	14	12–1359	0–885	0	0–7	0–1	0–19	0–53
Genever	8	38–95	0–74	0	0–106	0	0–67	0–138
Wodka	27	1–170	0–16	0	0	0	0	0
Bitter/Würz-Branntw.	21	95–596	0–202	0–54	0–37	0–19	0–29	0–95
Magenbitter	14	11–338	0–40	0	0–5	0	0–1	0–13
Likör								
Aprikosenlikör	5	105–162	29–95	19–167	2–45	0–3	1–6	4–24
Fruchtlikör (sonst.)	62	12–519	0–31	0–5	0–20	0–5	0–5	0–40

* ausgenommen hausgebrannte Produkte

Getränkeklasse	n	Methanol	Propanol-1	Butanol-2	Iso- butanol	Butanol-1	2-Methyl- butanol-1	3-Methyl- butanol-1
Likör (Fortsetzung)								
Kakaolikör etc.	11	14–122	0–42	0–6	0–6	0	0	0–9
Emulsionslikör	18	6–209	0–20	0	0–4	0	0	0–6
Kräuterlikör	48	1–257	0–84	0–11	0–12	0–1	0–6	0–32
Bitterlikör	16	2–723	0–46	0–22	0–13	0–1	0–8	0–24
Gewürzlikör		23–560	0–8	0–2	0–2	0	0	0–2
Alkohohaltige Mischgetränke								
Apfelkorn	18	14–301	0–8	0–2	0–11	0–5	0–1	0–16
Obstsaft-Wodka	13	26–330	0–3	0	0–2	0–1	0	0–22

Abbildung 22: Tab. 1L: Übersichtstabelle. Die Getränkeklassen und ihr Gehalt an aliphatischen Alkoholen, Mittelwerte mit Standardabweichung (soweit Normalverteilung nachgewiesen wurde; Kennzeichnung durch +-) bzw. Mindest- und Höchstwerte (in mg/l). n = Anzahl der untersuchten Fabrikate je Getränkekategorie. Aus Bonte W (1987) Begleitstoffe alkoholischer Getränke. Biogenese, Vorkommen, Pharmakologie, Physiologie und Begutachtung. Schmidt-Römhild Lübeck

8.3. Anhang 3 – verwendete Getränke

Bier (Krombacher, 4,8 % Vol.)



Wein (Claus C. Jacob, Weissburgunder Classic, 12,0 % Vol.)



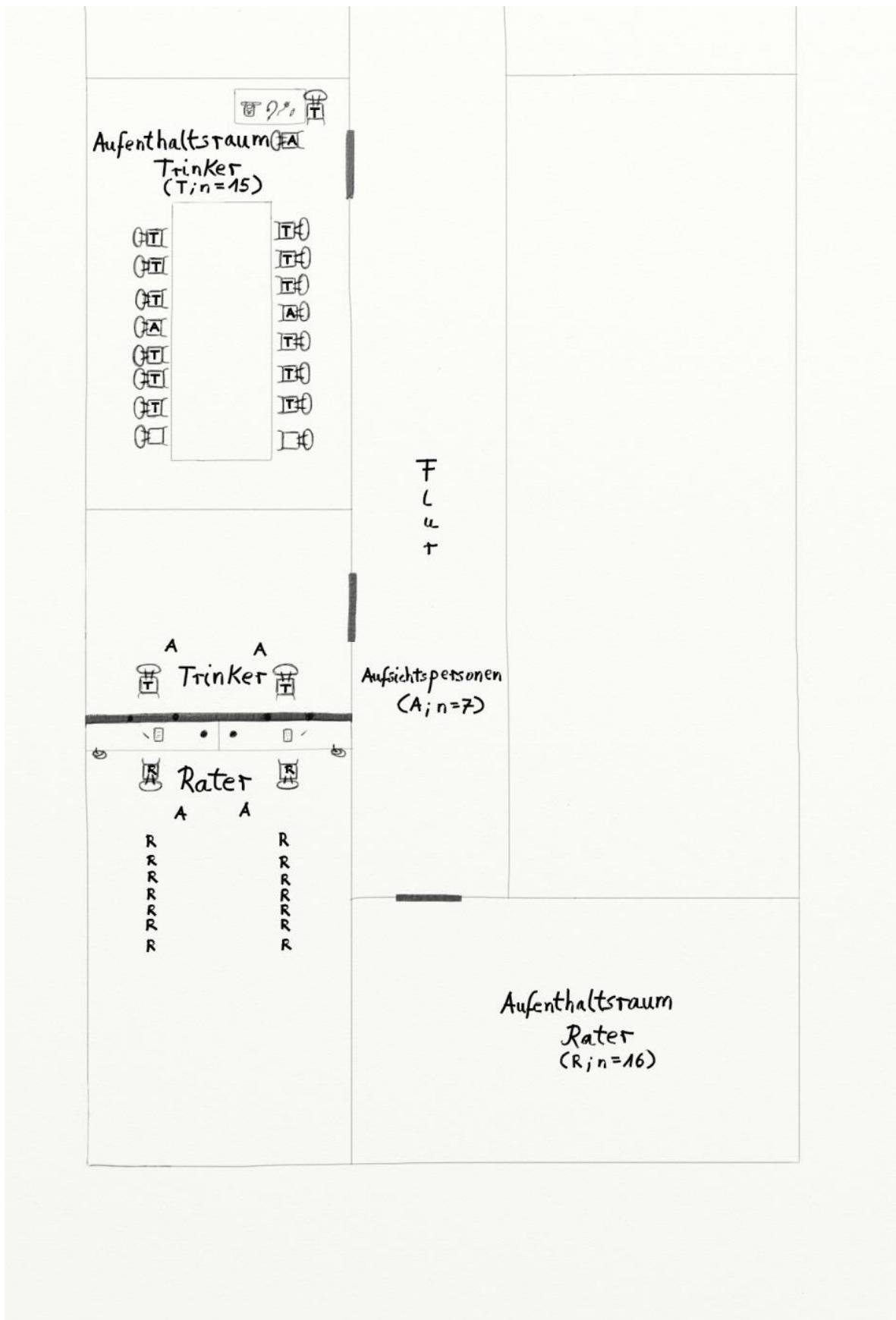
Wodka (Wodka Gorbatschow 37,3% Vol.)



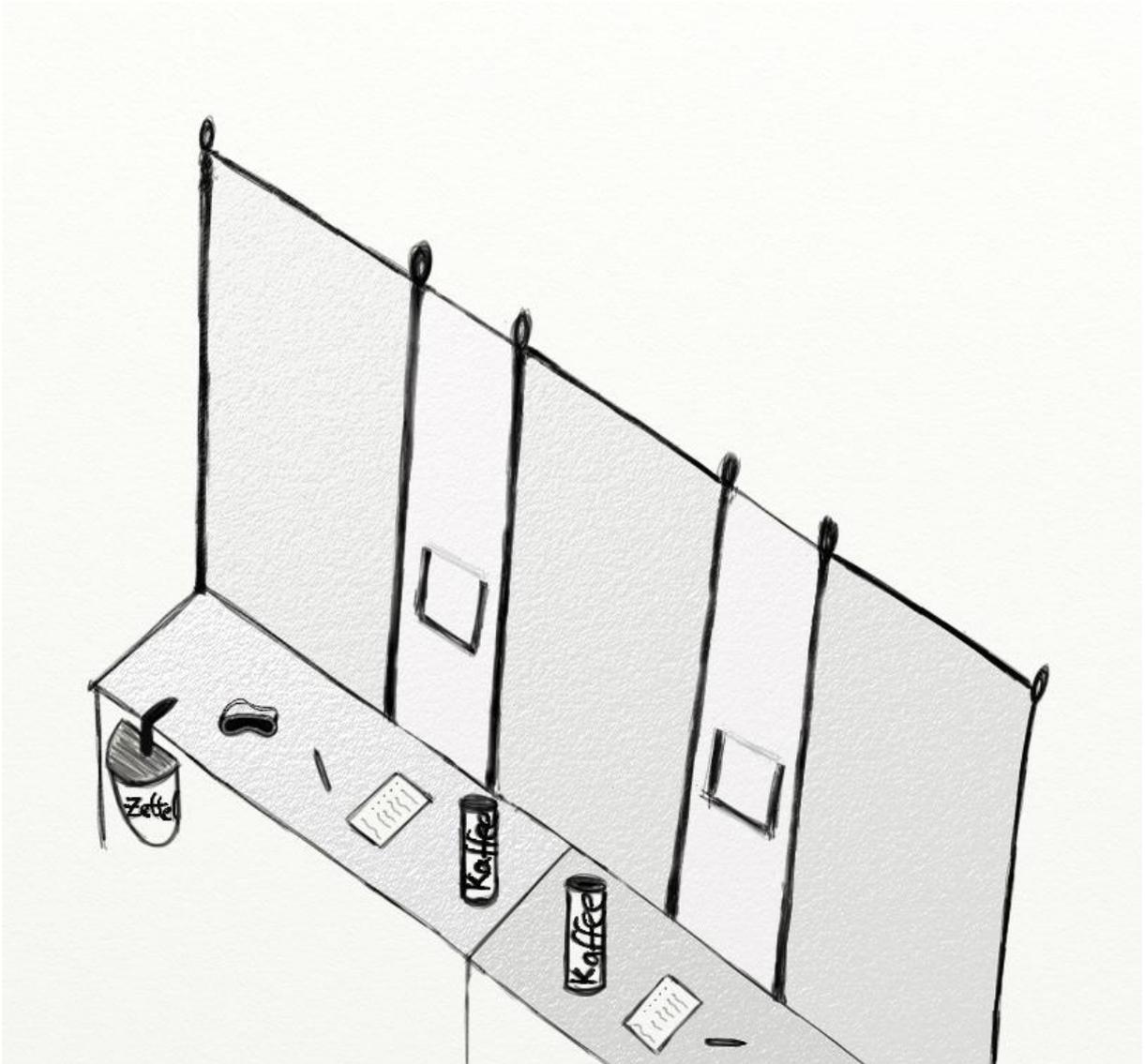
8.4. Anhang 4 – Foto AAK-Gerät Alcotest 6510 von Dräger



8.5. Anhang 5 – Grafik Versuchsaufbau, Raumverteilung



8.6. Anhang 6 – Grafik Vorhangskonstruktion



8.7. Anhang 7 – Vorhangskonstruktion, Fotos vom Versuchstag

– Seite der Rater



– Seite der Trinker





8.8. Anhang 8 – Votum der Ethikkommission

Ärzttekammer Hamburg · Postfach 76 01 09 · 22051 Hamburg

Herrn
PD Dr. med. J. Sperhake
Institut für Rechtsmedizin
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Butenfeld 34
22529 Hamburg

ETHIK-KOMMISSION DER
ÄRZTEKAMMER
HAMBURG
Körperschaft des öffentlichen Rechts

11.06.2010

Bearb.-Nr.: PV3456 (Bitte stets angeben!)
Studie: Zur Wahrnehmbarkeit von Konzentrationsunterschieden verschiedener Alkohole
in der Atemluft menschlicher Probanden

Sehr geehrter Herr Kollege Sperhake,

über Ihr oben bezeichnetes, zur Primärberatung vorgelegtes Projekt hat die Ethik-Kommission ausführlich beraten.

Das Vorhaben entspricht den berufsrechtlichen bzw. gesetzlichen Anforderungen. Die Ethik-Kommission stimmt dem Vorhaben zu.

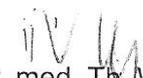
Die Kommission weist darauf hin, dass die Verantwortung des Versuchsleiters für das Forschungsvorhaben und seine Durchführung durch das obige Votum der Kommission nicht berührt wird.

Sie werden gebeten, die Ethik-Kommission über alle schwerwiegenden oder unerwarteten Ereignisse, die während der Studie auftreten und die die Sicherheit der Studienteilnehmer gefährden, in Verbindung mit Ihrer Stellungnahme zu unterrichten.

Die Kommission geht davon aus, dass die personenbezogenen Daten der Probanden/ Patienten den datenschutzrechtlichen Vorschriften entsprechend behandelt werden.

Die Ethik-Kommission erwartet, dass ihr nach Abschluss des Projektes unaufgefordert ein Abschluss-Bericht übersandt wird (unter Angabe der Bearb.-Nr.), aus dem der Erfolg/Misserfolg der Studie sowie Angaben darüber, ob die Studie abgebrochen oder geändert bzw. ob Regressansprüche geltend gemacht wurden, ersichtlich sind.

Mit verbindlicher Empfehlung
Im Auftrage der Kommission:


Prof. Dr. med. Th. Weber
- Vorsitzender -

P.S. Die Ethik-Kommission arbeitet auf der Grundlage deutschen Rechts und Berufsrechts sowie in Anlehnung an die ICH-GCP

Bankverbindung:
Deutsche Apoth. u. Ärztebank, BLZ 300 606 01, Konto-Nr. 000 1346 113
BIC DAAEDED3, IBAN DE71 3006 0601 000 1346 113

Humboldtstraße 67a · 22083 Hamburg
Telefon 040 / 20 22 99-240 · Fax 040 / 20 22 99-410
ethik@aekhh.de · www.aerztekammer-hamburg.de
Geschäftsführung: Dr. Silke Schrum

8.9. Anhang 9 – Vordruck Einwilligungserklärung

Probanden-Information und -Einwilligung zur Durchführung einer wissenschaftlichen Studie mit volljährigen einwilligungsfähigen Probanden²

Prüfstelle: Institut für Rechtsmedizin, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf,
Butenfeld 34, 22529 Hamburg

Prüfarzt: PD Dr. med. J. Sperhake

Titel der Studie

Zur Wahrnehmbarkeit von Konzentrationsunterschieden verschiedener Alkohole in der Atemluft
menschlicher Probanden

Sehr geehrte Probandin, sehr geehrter Proband,

wir bitten Sie zu prüfen, ob Sie bereit sind, an der nachfolgend beschriebenen wissenschaftlichen Studie teilzunehmen.

Wissenschaftliche Studien sind notwendig, um neue Erkenntnisse zu gewinnen oder zu erweitern. Die wissenschaftliche Studie, die wir Ihnen hier vorstellen, wurde von der zuständigen Ethikkommission zustimmend bewertet. Diese wissenschaftliche Prüfung wird in den Räumlichkeiten des Instituts für Rechtsmedizin des UK Eppendorf durchgeführt; es sollen insgesamt ungefähr 34 Personen daran teilnehmen. Die Studie wird veranlasst, organisiert und finanziert durch das Institut für Rechtsmedizin, das für diese Studie verantwortlich ist.

Ihre Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Studie ist freiwillig. Sie werden in diese Prüfung also nur dann einbezogen, wenn Sie dazu schriftlich Ihre Einwilligung erklären. Sofern Sie nicht an der wissenschaftlichen Studie teilnehmen oder später aus ihr ausscheiden möchten, erwachsen Ihnen daraus keine Nachteile.

Sie wurden bereits auf die geplante Studie angesprochen. Der nachfolgende Text soll Ihnen die Ziele und den Ablauf erläutern. Anschließend wird ein Prüfarzt das Aufklärungsgespräch mit Ihnen führen. Bitte zögern Sie nicht, alle Punkte anzusprechen, die Ihnen unklar sind. Sie werden danach ausreichend Bedenkzeit erhalten, um über Ihre Teilnahme zu entscheiden.

1. Warum wird diese Studie durchgeführt?

Von der Durchführung der vorgesehenen wissenschaftlichen Prüfung erhoffen wir uns weitere Erkenntnisse zur Wahrnehmbarkeit von Alkoholgeruch in der Ausatemluft.

Die Frage einer akuten Alkoholisierung spielt im Strafrecht hinsichtlich einer Einschränkung oder Aufhebung der Schuldfähigkeit (gem. § 21 bzw. § 20 StGB) und im Verkehrsrecht oft eine wichtige Rolle. Ein Hauptmerkmal einer akuten Alkoholisierung ist neben den alkoholtypischen Ausfallerscheinungen die „Alkoholfahne“, also der aromatische Geruch der Ausatemluft. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn es keine Blutprobe zur Alkoholbestimmung gibt und somit die Bestimmung der vermutlichen

² Im Rahmen dieses Textes schließt die männliche Bezeichnung stets die weibliche Bezeichnung mit ein.

Alkoholisierung anhand von Zeugenaussagen vorgenommen werden muss – eine Situation, die zukünftig aufgrund des neuerdings in Hamburg konsequent angewandten „Richtervorbehaltes“ hinsichtlich der Verhältnismäßigkeit einer Blutprobenentnahme eher häufiger auftreten wird.

Gemeinhin gilt es als unmöglich, anhand der Intensität des Alkoholgeruches auf die Höhe der Blutalkoholkonzentration (BAK) zu schließen. Andererseits ist es eine gängige Erfahrung, dass hochgradig alkoholisierte Personen häufig eine besonders ausgeprägte „Fahne“ haben. Daneben wird die Wahrnehmbarkeit der Alkoholfahne nach Erfahrungswerten neben der individuellen Disposition des Zeugen bzw. Untersuchers („Riechschwelle“) entscheidend auch von der Art der aufgenommenen Getränke bzw. der darin enthaltenen „Fuselalkohole“ (Begleitalkohole) geprägt.

Ziel dieser Studie ist die Überprüfung, ob die Blutalkoholkonzentration mit der Wahrnehmbarkeit der Alkoholfahne in der Ausatemluft korreliert und ob es Unterschiede bei verschiedenen Getränken mit unterschiedlichen Begleitalkoholprofilen gibt, wie z.B. Wodka im Vergleich zu Bier.

Des Weiteren wird untersucht, ob Unterschiede zwischen Personen, die beruflich viel mit dem Riechen von Alkoholgeruch zu tun haben, als „Experten“ bezeichnet, und diesbezüglichen „Laien“ vorhanden sind.

Zudem wird untersucht, ob es Unterschiede in der Wahrnehmungsfähigkeit zwischen Männern und Frauen gibt.

2. Wie ist der Ablauf der Studie und was muss ich bei Teilnahme beachten?

Trinkende Probanden

Bei Aufnahme in diese wissenschaftliche Studie werden Sie einer ärztlichen Untersuchung unterzogen. Dazu gehört insbesondere eine Blutuntersuchung (Kleines Blutbild, Leberwerte, BZ, CRP, γ GT, CDT, Methanolbestimmung) sowie körperliche Untersuchung (Abtasten der Leber, Abhören des Herzens, Blutdruckmessung). Die Möglichkeit Ihrer weiteren Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Studie wird von den Ergebnissen dieser Voruntersuchung abhängen.

Die Probanden sollen im Rahmen eines durch Atemalkohol(AAK)- und Blutalkohol(BAK)-Messungen kontrollierten Trinkversuches in unterschiedlichem Maße mit alkoholischen Getränken (bis max. 1,6 ‰) belastet werden.

Um zu prüfen, ob Unterschiede in der Wahrnehmbarkeit einer Alkoholfahne zwischen verschiedenen alkoholischen Getränken bestehen, werden drei häufig konsumierte Getränke (Bier, Wein und Wodka), die sich sowohl im Ethanolgehalt als auch in ihrem Begleitalkoholprofil deutlich unterscheiden, jeweils mit sechs verschiedenen Promillewerten untersucht. Die Probanden werden hinsichtlich des zu konsumierenden Getränkes und der Zielkonzentration grundsätzlich zugelost. Das erforderliche Quantum des Getränkes soll dann anhand eines Protokolls zeitgerecht konsumiert werden. Zu einem festgelegten Zeitpunkt werden die Probanden eine Atemprobe für die hinter einem Sichtschutz befindlichen „riechenden“ Probanden abgeben. Unmittelbar davor werden BAK- (Blutprobenentnahme) und AAK-Messungen durchgeführt.

Riechende Probanden

Bei Aufnahme in diese wissenschaftliche Studie werden Sie einer Riechschwellenbestimmung unterzogen. Die Möglichkeit Ihrer weiteren Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Studie wird von den Ergebnissen dieser Voruntersuchung abhängen. Eine am Tag des Experiments vorhandene Erkältung, Grippe oder ähnliche Erkrankung, die Ihre Nasenatmung und somit Geruchsempfindung beeinträchtigt, schließt Sie von der Teilnahme am Experiment aus. Die nüchternen Probanden sollen versuchen,

die unterschiedlich alkoholisierten Probanden anhand der Intensität des Alkoholgeruches der Atemluft semiquantitativ einzuordnen. Hierzu werden die trinkenden Probanden an einem Sichtschutz vorbeigeführt, wo sie eine Atemprobe abgeben, die von den riechenden Probanden wahrgenommen und anhand eines standardisierten Protokolls charakterisiert wird (Intensität und Aroma).

Alle Probanden

Am Experimenttag sowie am Tag davor dürfen Sie

- keinen Alkohol trinken

- kein Parfüm tragen oder geruchsintensive Shampoos, Körperlotionen etc. verwenden

- keine geruchsintensiven Speisen (wie z.B. Knoblauchhaltige) verzehren

Das Experiment wird einen Nachmittag in Anspruch nehmen. Hinzu kommt die Zeit für die Voruntersuchungen (ca. 2 Stunden), die zu einem früheren Zeitpunkt stattfinden werden.

Abhängig von den Ergebnissen dieses Experiments wird möglicherweise ein weiteres Experiment folgen. Wir werden Sie, sollte dies der Fall sein, erneut kontaktieren.

3. Welchen persönlichen Nutzen habe ich von der Teilnahme an der Studie?

Sie werden durch die Teilnahme an dieser Studie keinen persönlichen Gesundheitsnutzen haben.

4. Welche Risiken sind mit der Teilnahme an der Studie verbunden?

Der Konsum von Alkohol kann, insbesondere bei großen Alkoholmengen, zu teils erwünschten, teils unerwünschten Wirkungen oder Beschwerden führen³. Die bislang beobachteten unerwünschten Wirkungen und Beschwerden umfassen:

- Euphorische Phase (> 0,3-1,0 Promille)
 - Euphorie, Enthemmung, verlangsamte Reaktion, gesteigerte Atmung, Blutumverteilung in die Peripherie, Diuresesteigerung (vermehrter Harndrang), Hypoglykämiegefahr (Gefahr der Unterzuckerung)
- Exzitationsstadium ~ euphorisches Stadium (1,0-2,0 Promille)
 - Erregung, Aggressivität, Enthemmung, Hyperventilation
- Rauschstadium ~ hypnotisches Stadium (2,0-2,5 Promille)

³ Im Rahmen der Studie werden maximale Alkoholwerte bis 1,6 Promille erreicht, so dass nicht mit dem Auftreten schwerer (über das Exzitationsstadium hinausgehende) Ausfallserscheinungen zu rechnen ist.

- Bewusstseinsstörungen, Amnesie, deutlich geminderte Schmerz Wahrnehmung, heiße + trockene Haut, Hypoglykämie (Unterzuckerung)
- Narkosestadium (2,5-4,0 Promille)
 - Bewusstlosigkeit, maschinenartige Atmung, beginnender Schock
- Asphyxiestadium (> 4,0 Promille)
 - tiefes Koma mit Areflexie, Schock, Zyanose, Herz/Kreislaufversagen (Tod zumeist durch zentrales Atemversagen)

Das Wohlbefinden am Folgetag könnte je nach persönlicher Disposition im Sinne eines „Katers“ beeinträchtigt sein. Bitte teilen Sie den Mitarbeitern der Prüfstelle *alle* Beschwerden, Erkrankungen oder Verletzungen mit, die im Verlauf der wissenschaftlichen Studie auftreten. Falls diese schwerwiegend sind, teilen Sie den Mitarbeitern der Prüfstelle diese bitte umgehend mit, ggf. telefonisch.

Durch den Konsum von Alkohol entstehen Einschränkungen beim Führen von Maschinen, inklusive Automobilen, sowie zur aktiven Teilnahme am Straßenverkehr. Vom Gesetz her entsteht ab 0,3 Promille eine „relative Fahruntüchtigkeit“ von Kraftfahrern (BGH), ab 1,1 Promille eine „absolute Fahruntüchtigkeit“ von Kraftfahrern (BGH), sowie ab 1,6 Promille eine „absolute Fahruntüchtigkeit“ von Radfahrern (mehrere OLG). Es ist daher erforderlich, dass Sie nach der Durchführung des Experiments von einer nüchternen Person abgeholt und nach Hause begleitet werden. Sollte dies nicht möglich sein, werden Sie von der Studienleitung nach Hause gefahren. Für das Führen eines Fahrzeuges (Auto, Motorrad, Fahrrad) unter Alkoholeinfluss im Straßenverkehr nach Abschluss des Versuches kann seitens der Studienleitung keine Verantwortung übernommen werden.

Das Führen eines Kraftfahrzeuges unter Alkoholeinfluss ist verboten! Ein alkoholisierte Kraftfahrer gefährdet sich und andere Verkehrsteilnehmer und macht sich ggf. strafbar!

5. Wer darf an dieser wissenschaftlichen Studie nicht teilnehmen?

Trinkende Probanden

Sie dürfen nicht teilnehmen, wenn Sie an Alkoholismus, einer anderen psychischen Erkrankung, Lebererkrankungen sowie Stoffwechselerkrankungen (Diabetes u.a.) oder Epilepsie erkrankt sind.

Wenn Sie Medikamente einnehmen, die im Zusammenhang mit Alkohol zu einer gegenseitigen Wirkungsverstärkung führen können (z.B. Psychopharmaka, Antiepileptika, Schlaf- und Betäubungsmittel, illegale Drogen, bestimmte Antibiotika etc.), ist eine Teilnahme an der Studie ebenfalls nicht möglich.

Schwangere Frauen dürfen an dieser wissenschaftlichen Prüfung als trinkender Proband wegen der Gefahr einer Alkoholfetopathie (Schädigung des ungeborenen Kindes durch Alkohol) **nicht teilnehmen**. Auch **stillende Frauen** dürfen an dieser wissenschaftlichen Studie **nicht teilnehmen**.

6. Entstehen für mich Kosten durch die Teilnahme an der wissenschaftlichen Studie? Erhalte ich eine Aufwandsentschädigung?

Durch Ihre Teilnahme an dieser wissenschaftlichen Studie entstehen für Sie keine Kosten. Sie erhalten keine Aufwandsentschädigung.

7. Bin ich während der wissenschaftlichen Prüfung versichert?

Bei der wissenschaftlichen Studie sind Sie gemäß der Betriebshaftpflichtversicherung des Klinikums versichert.

Wir weisen Sie ferner darauf hin, dass Sie auf dem Weg von und zur Prüfstelle nicht unfallversichert sind.

8. Wer entscheidet, ob ich aus der wissenschaftlichen Studie ausscheide?

Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahme beenden, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile entstehen.

Unter gewissen Umständen ist es aber auch möglich, dass der Prüfarzt oder der für die Studie Verantwortliche entscheidet, Ihre Teilnahme an der wissenschaftlichen Prüfung vorzeitig zu beenden, ohne dass Sie auf die Entscheidung Einfluss haben. Die Gründe hierfür können z.B. sein:

- Ihre weitere Teilnahme an der wissenschaftlichen Studie ist ärztlich nicht mehr vertretbar;
- es wird die gesamte wissenschaftliche Studie abgebrochen.

9. Was geschieht mit meinen Daten?

Während der wissenschaftlichen Studie werden medizinische Befunde und persönliche Informationen von Ihnen erhoben und in der Prüfstelle in Ihrer persönlichen Akte niedergeschrieben oder elektronisch gespeichert. Die für die wissenschaftliche Studie wichtigen Daten werden zusätzlich in pseudonymisierter Form gespeichert, ausgewertet und gegebenenfalls weitergegeben. Pseudonymisiert bedeutet, dass keine Angaben von Namen oder Initialen verwendet werden, sondern nur ein Nummern- und/oder Buchstabencode, evtl. mit Angabe des Geburtsjahres.

Die Daten sind gegen unbefugten Zugriff gesichert. Eine Entschlüsselung erfolgt nur unter den vom Gesetz vorgeschriebenen Voraussetzungen. Einzelheiten entnehmen Sie bitte der Einwilligungserklärung, die im Anschluss an diese Probandeninformation abgedruckt ist.

**10. Was geschieht mit meinen Blutproben / Atemalkoholwerten /
Riechschwellenbestimmungswerten?**

Die schriftlichen Aufzeichnungen und die Blutproben werden ausschließlich für diese wissenschaftliche Studie verwendet. Etwaiges Restmaterial wird bis zum Abschluss des wissenschaftlichen Projektes aufbewahrt.

11. An wen wende ich mich bei weiteren Fragen?

Beratungsgespräche an der Prüfstelle

Sie haben stets die Gelegenheit zu weiteren Beratungsgesprächen mit dem auf Seite 1 genannten oder einem anderen Prüfarzt.

Prüfstelle: Institut für Rechtsmedizin, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf,
Butenfeld 34, 22529 Hamburg
Prüfarzt: PD Dr. med. J. Sperhake

Titel der Studie

Zur Wahrnehmbarkeit von Konzentrationsunterschieden verschiedener Alkohole in der Atemluft
menschlicher Probanden

Einwilligungserklärung

.....
Name des Probanden in Druckbuchstaben

geb. am Teilnehmer-Nr.

Ich bin in einem persönlichen Gespräch durch den Prüfarzt

.....
Name der Ärztin/des Arztes

ausführlich und verständlich über die zu prüfende Behandlungsmethode und die Vergleichsmethode sowie über Wesen, Bedeutung, Risiken und Tragweite der wissenschaftlichen Studie aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text der Probandeninformation sowie die hier nachfolgend abgedruckte Datenschutzerklärung gelesen und verstanden. Ich hatte die Gelegenheit, mit dem Prüfarzt über die Durchführung der wissenschaftlichen Prüfung zu sprechen. Alle meine Fragen wurden zufrieden stellend beantwortet.

Möglichkeit zur Dokumentation zusätzlicher Fragen seitens des Probanden oder sonstiger Aspekte des Aufklärungsgesprächs:

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden.

Mir ist bekannt, dass ich jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine Einwilligung zur Teilnahme an der Prüfung zurückziehen kann (mündlich oder schriftlich), ohne dass mir irgendwelche Nachteile entstehen.

Datenschutz:

Mir ist bekannt, dass bei dieser wissenschaftlichen Prüfung personenbezogene Daten, insbesondere medizinische Befunde über mich erhoben, gespeichert und ausgewertet werden sollen. Die Verwendung der Angaben über meine Gesundheit erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor der Teilnahme an der wissenschaftlichen Prüfung folgende freiwillig abgegebene Einwilligungserklärung voraus, das heißt ohne die nachfolgende Einwilligung kann ich nicht an der wissenschaftlichen Prüfung teilnehmen.

1. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser wissenschaftlichen Studie personenbezogene Daten, insbesondere Angaben über meine Gesundheit, über mich erhoben und in Papierform sowie auf elektronischen Datenträgern im Institut für Rechtsmedizin aufgezeichnet werden.

2. Ich bin bereits darüber aufgeklärt worden, dass ich jederzeit die Teilnahme an der wissenschaftlichen Prüfung beenden kann. Im Fall eines solchen Widerrufs meiner Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, erkläre ich mich damit einverstanden, dass die bis zu diesem Zeitpunkt gespeicherten Daten weiterhin verwendet werden dürfen, soweit dies erforderlich ist, um sicherzustellen, dass meine schutzwürdigen Interessen nicht beeinträchtigt werden. Falls ich meine Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, widerrufe, müssen alle Stellen, die meine personenbezogenen Daten, insbesondere Gesundheitsdaten, gespeichert haben, unverzüglich prüfen, inwieweit die gespeicherten Daten zu dem vorgenannten Zweck noch erforderlich sind. Nicht mehr benötigte Daten sind unverzüglich zu löschen.

**Ich erkläre mich bereit,
an der oben genannten wissenschaftlichen Studie
freiwillig teilzunehmen.**

Ein Exemplar der Probanden-Information und -Einwilligung habe ich erhalten. Ein Exemplar verbleibt im Prüfzentrum.

.....
Name des Probanden in Druckbuchstaben



.....
Datum

.....
Unterschrift des **Probanden**

Ich habe das Aufklärungsgespräch geführt und die Einwilligung des Probanden eingeholt.

.....
Name des Prüfarztes/der Prüferärztin in Druckbuchstaben

.....
Datum

.....
Unterschrift des aufklärenden **Prüfarztes/der Prüferärztin**

8.10. Anhang 10 – Riechtest HNO

G^a Lösungsbogen

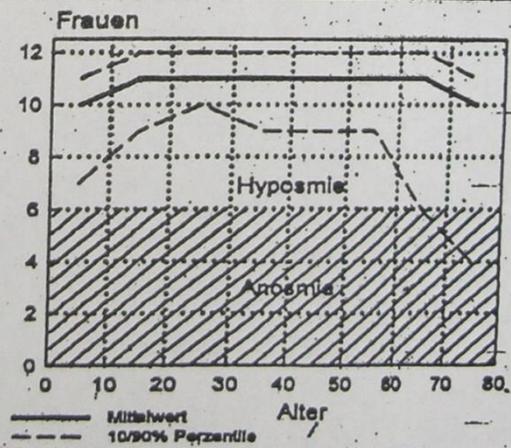
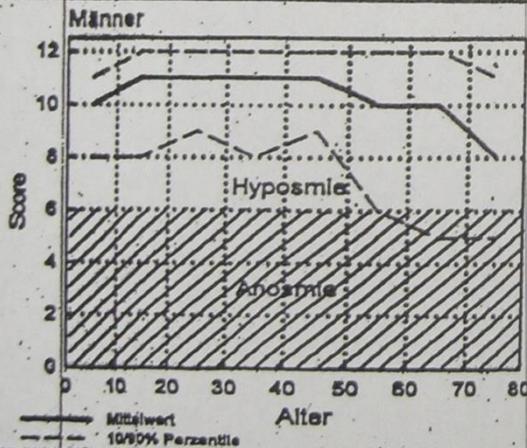
Subjektive Olfaktion

Raucher: nein ja / Tag

Untersucher: _____

Rechte Seite				
1	Orange <input checked="" type="checkbox"/>	Brombeere	Erdbeere	Ananas
2	Rauch	Klebstoff	Schuhleder <input checked="" type="checkbox"/>	Gras
3	Honig	Vanille	Schokolade	Zimt <input checked="" type="checkbox"/>
4	Schnittlauch	Pfefferminz <input checked="" type="checkbox"/>	Fichte	Zwiebel
5	Kokos	Banane <input checked="" type="checkbox"/>	Walnuss	Kirsche
6	Pfirsich	Apfel	Zitrone <input checked="" type="checkbox"/>	Grapefruit
7	Lakritz <input checked="" type="checkbox"/>	Gummi	Kaugummi	Kekse
8	Zigarette	Kaffee <input checked="" type="checkbox"/>	Wein	Kerzenrauch
9	Gewürznelke	Pfefferminz	Zimt	Senf
10	Birne	Pflaume	Pfirsich	Ananas <input checked="" type="checkbox"/>
11	Kamille	Himbeere	Rose <input checked="" type="checkbox"/>	Kirsche
12	Brot	Fisch <input checked="" type="checkbox"/>	Käse	Schinken
Summe				rechts

Linke Seite				
1	Orange	Brombeere	Erdbeere	Ananas
2	Rauch	Klebstoff	Schuhleder	Gras
3	Honig	Vanille	Schokolade	Zimt
4	Schnittlauch	Pfefferminz	Fichte	Zwiebel
5	Kokos	Banane	Walnuss	Kirsche
6	Pfirsich	Apfel	Zitrone	Grapefruit
7	Lakritz	Gummi	Kaugummi	Kekse
8	Zigarette	Kaffee	Wein	Kerzenrauch
9	Gewürznelke	Pfefferminz	Zimt	Senf
10	Birne	Pflaume	Pfirsich	Ananas
11	Kamille	Himbeere	Rose	Kirsche
12	Brot	Fisch	Käse	Schinken
Summe				rechts



Trigeminusreiz positiv negativ

Bemerkungen:

8.11. Anhang 11 – Fragebogen

Fragebogen für Probanden

Identifikationsnummer:

Nachname:

Vorname:

Alter:

weiblich männlich

Wenn weiblich: In welcher Zyklusphase befinden Sie sich?

- 3 Tage vor der Periode während der Periode 3 Tage nach der Periode
 in der Zeit zwischen 3 Tagen nach und 3 Tagen vor der Periode

Aktuelles Körpergewicht:

Welchen Beruf haben Sie?

- Rechtsmediziner
 Medizinstudent
 Anderer:

Haben Sie häufiger beruflichen Kontakt mit alkoholisierten Menschen?

- ja nein

Wie häufig trinken Sie Alkohol?

- sehr selten gelegentlich, z.B. am Wochenende mindestens 4x pro Woche täglich

Wann haben Sie Ihre letzte Mahlzeit zu sich genommen?

Ihre letzte Mahlzeit bestand aus welchen Zutaten?

8.12. Anhang 12 – Beispiel „Alkoholfahrplan“ für trinkende Probanden

Name des Probanden

Probandennummer: **T**

Promillestufe: **‰**

Getränk:

Trinkmenge: **Liter**

Zeit: **Stunde** (+ 30Min Pause)

Trinkmenge pro 15Min: **Liter**

Trinkstart:

Trinkstopp:

8.13. Anhang 13 – Auswertungsbogen

Auswertungsbogen

Eigene Identifikationsnummer:

Geruchseindruck:

kein Alkoholgeruch
 minimaler Alkoholgeruch
 schwacher Alkoholgeruch
 mittlerer Alkoholgeruch
 starker Alkoholgeruch

Vermutetes Getränk bei Alkoholgeruch: Bier Wodka Wein

8.14. Anhang 14 – Tabelle 7

Fixed Effects

Type III Tests of Fixed Effects^a

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	15,311	34,527	,000
Getränk	3	14,985	2,754	,079
RSex	1	15,665	1,792	,200
prof	1	92,601	6,287	,014
AAK	1	14,985	,719	,410
RSex * prof	1	15,665	4,476	,051
prof * AAK	1	209,174	6,094	,014

a. Dependent Variable: RpromC.

8.15. Anhang 15 – Tabelle 8

Estimates of Fixed Effects^b

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Intercept	,287438	,103595	20,949	2,775	,011	,071969	,502906
[Getränk=0]	-,194017	,113572	14,985	-1,708	,108	-,436111	,048077
[Getränk=1]	,096910	,078315	14,985	1,237	,235	-,070029	,263849
[Getränk=2]	,072770	,077668	14,985	,937	,364	-,092791	,238331
[Getränk=3]	0 ^a	0	.	.	.	.	.
[RSex=.00]	,030000	,054587	15,665	,550	,590	-,085922	,145922
[RSex=1.00]	0 ^a	0	.	.	.	.	.
[prof=.00]	,239825	,073951	50,203	3,243	,002	,091305	,388346
[prof=1.00]	0 ^a	0	.	.	.	.	.
AAK	,210157	,121723	20,505	1,727	,099	-,043351	,463665
[RSex=.00] * [prof=.00]	-,163333	,077198	15,665	-2,116	,051	-,327271	,000604
[RSex=.00] * [prof=1.00]	0 ^a	0	.	.	.	.	.
[RSex=1.00] * [prof=.00]	0 ^a	0	.	.	.	.	.
[RSex=1.00] * [prof=1.00]	0 ^a	0	.	.	.	.	.
[prof=.00] * AAK	-,229488	,092962	209,174	-2,469	,014	-,412752	-,046225
[prof=1.00] * AAK	0 ^a	0	.	.	.	.	.

a. This parameter is set to zero because it is redundant.

b. Dependent Variable: RpromC.

8.16. Anhang 16 – Tabelle 9

Pairwise Comparisons^b

Gruppe	(I) Geschlecht Rater	(J) Geschlecht Rater	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
							Lower Bound	Upper Bound
Laie	männlich	weiblich	-,133*	,055	15,665	,027	-,249	-,017
	weiblich	männlich	,133*	,055	15,665	,027	,017	,249
Experte	männlich	weiblich	,030	,055	15,665	,590	-,086	,146
	weiblich	männlich	-,030	,055	15,665	,590	-,146	,086

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

b. Dependent Variable: RpromC.

8.17. Anhang 17 – Tabelle 10

Pairwise Comparisons^b

Geschlecht Rater	(I) Gruppe	(J) Gruppe	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
							Lower Bound	Upper Bound
männlich	Laie	Experte	-,047	,055	15,665	,405	-,163	,069
	Experte	Laie	,047	,055	15,665	,405	-,069	,163
weiblich	Laie	Experte	,117*	,055	15,665	,049	,001	,233
	Experte	Laie	-,117*	,055	15,665	,049	-,233	-,001

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Dependent Variable: RpromC.

8.18. Anhang 18 – Tabelle 11

Pairwise Comparisons^b

(I) Getränk	(J) Getränk	Mean Difference (I-J)	Std. Error	df	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
						Lower Bound	Upper Bound
Kontrolle	Bier	-,291*	,105	14,985	,014	-,515	-,067
	Wein	-,267*	,119	14,985	,041	-,521	-,013
	Wodka	-,194	,114	14,985	,108	-,436	,048
Bier	Kontrolle	,291*	,105	14,985	,014	,067	,515
	Wein	,024	,080	14,985	,767	-,147	,195
	Wodka	,097	,078	14,985	,235	-,070	,264
Wein	Kontrolle	,267*	,119	14,985	,041	,013	,521
	Bier	-,024	,080	14,985	,767	-,195	,147
	Wodka	,073	,078	14,985	,364	-,093	,238
Wodka	Kontrolle	,194	,114	14,985	,108	-,048	,436
	Bier	-,097	,078	14,985	,235	-,264	,070
	Wein	-,073	,078	14,985	,364	-,238	,093

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

b. Dependent Variable: RpromC.

9. Artikel in Blutalkohol

Institut für Rechtsmedizin des Universitätskrankenhauses Hamburg-Eppendorf

Kristina Jansen, Prof. Dr. med. Klaus Püschel, Prof. Dr. med. Jan Peter Sperhake

Zur Wahrnehmbarkeit von Konzentrationsunterschieden verschiedener Alkohole in der Atemluft menschlicher Probanden

The perception of concentration differences of breath alcohol after consumption of different alcoholic beverages

Einleitung

Die Alkoholfahne entsteht nach Trinken von alkoholischen Getränken, welche metabolisiert und dann teilweise über die Lunge abgegeben werden. In der Atemluft ist die Alkoholfahne durch das komplexe olfaktorische System wahrnehmbar.

Alkoholische Getränke wie z.B. Bier, Wein, Wodka bestehen aus Ethanol und Begleitalkoholen wie Methanol, Propanol-1, Butanol-2, Isobutanol, Butanol-1, 2-Methylbutanol-1 und 3-Methylbutanol-1. Es gibt diverse weitere Begleitalkohole. In den letzten Jahren sind neue Analysetechniken entstanden, die es möglich machten eine große Anzahl zuvor nicht bekannter Komponenten zu finden. Womöglich werden in den nächsten Jahren mit neueren Techniken noch weitere Begleitstoffe gefunden. Es werden zwischen 0,5 bis 5,0 % des Ethanols – abhängig von der Blutalkoholkonzentration (= BAK) – über die Lungen abgegeben [27]. Begleitalkohole werden ebenfalls über die Lungen abgegeben [2]. Propanol-2 wird in Ratten zu 15% über die Lungen abgegeben, bei Methanol sind es 50 % bis 60 % [2, 27]. Metaboliten der Begleitalkohole werden ebenso teilweise über die Lungen abgegeben, z. B. kann Aceton in der Ausatemluft nachgewiesen werden wenn Propanol-2 zu den Begleitalkoholen des konsumierten Getränks gehört [2]. Sprung et al. [31] fanden die Aldehyde und Ketone der Begleitalkohole in deutlich höheren Konzentrationen als die Alkohole selbst. Die Emission der Metaboliten nahm massiv innerhalb der ersten zwei Stunden nach Ende des Alkoholkonsums zu [31].

Die Basis für die Atemalkoholtests als Indikator für die Blutalkoholkonzentration ist eben diese anteilige Abgabe der Alkohole über die Lungen. Blut- und Atemalkoholkonzentration (= AAK) haben jedoch keine konstante Korrelation [27]. Direkt nach dem Alkoholkonsum erreicht der Alkohol die Lungen, sogar noch vor dem Gehirn und auch den anderen Organen, was zu einer höheren AAK im Verhältnis zu der BAK in der Resorptionsphase führt [27]. Vor Gericht ist der Alkoholisierungsgrad in vielen Fällen ein wichtiger Aspekt der Beweisaufnahme. In vielen Fällen fehlen jedoch Atemalkohol- sowie Blutalkoholkonzentrationsmessungen. Das Fehlen dieser wichtigen Daten führt zu Einschätzungen des Alkoholisierungsgrades durch Zeugenaussagen. Ihre Einschätzungen basieren neben beobachteten körperlichen Ausfallerscheinungen sowie beobachtetem Alkoholkonsum auf der Wahrnehmung von Alkoholfahnen. Zudem hängen von der spontanen Wahrnehmung von Alkoholgeruch in der Atemluft einer Person in der Praxis weitere polizeiliche Maßnahmen (z.B. Durchführung der AAK-Probe) ab. Es ist daher wichtig, die olfaktorischen Fähigkeiten bezüglich der Alkoholfahne einschätzen zu können. Diese Studie beschäftigt sich mit der Frage inwieweit es möglich ist die Atemalkoholkonzentration (= AAK) anhand der Alkoholfahne einzuschätzen.

Olfaktion ist ein komplexer Prozess. Gerüche werden durch das Zusammenspiel von Nase und Gehirn erkannt. Sie erreichen die olfaktorischen Sensorzellen, welche die Information transkribieren und sie über den olfaktorischen Nerv zum Gehirn senden [9]. Die Informationen der Gerüche werden in vielen verschiedenen Bereichen des Gehirns analysiert, welchen jeweils verschiedene Aufgaben nachgesagt werden [5, 9]. Diese Gehirnbereiche sind miteinander verbunden [9]. Es bestehen zudem Verknüpfungen auf der Ebene der Rezeptorzellen [5]. Zudem sind manche der Zellen, die in diesen Prozess involviert sind, in der Lage zu regenerieren [5]. Die Art wie ein Geruch analysiert und im Gedächtnis gespeichert wird, hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab. So hat z.B. Habituation einen wichtigen Einfluss [9, 33]. Andererseits zeigten aktuelle Studien Trainingseffekte für Patienten mit dem Verlust der Riechfunktion, vor allem durch den Gebrauch von Sniffin' sticks [12-14, 18, 19]. Emotionen sind ein wichtiger Faktor für die olfaktorischen Erinnerungsprozesse [5, 9, 28, 29]. Des Weiteren ist die Art eines Geruchs wichtig für die Olfaktion. Ein reiner Geruchsstoff wird anders wahrgenommen als seine Geruchsmixtur [1]. Die Möglichkeit von Menschen multiple Komponenten in Geruchsmixturen zu identifizieren ist begrenzt [15, 16, 21, 23, 24, 26]. Das menschliche Gehirn ist nur in der Lage bis zu 3, maximum 4 Geruchskomponenten gleicher Intensität in Mixturen zu identifizieren [23, 24, 26]. In den meisten Fällen sind mehr als 2 Komponenten schwierig zu identifizieren [15, 16]. Andererseits dominieren Komponenten mit höherer Intensität die Wahrnehmung von Geruchsmixturen in den meisten Fällen [25]. Zusätzlich haben unterschiedliche Komponenten unterschiedliche temporale Verarbeitungszeiten [15, 22]. Zudem vermischen sich ihre Geruchseindrücke in unterschiedlicher Weise oder vermischen sich gar nicht [26]. Manche stimulieren des Weiteren den Nervus Trigemini [6].

Zuvor gab es keine Studien mit der Fragestellung, ob es möglich ist, anhand der Alkoholfahne auf die AAK rückzuschließen. Es gab jedoch viele unbewiesene Thesen hierzu. So wurde Bier im Verhältnis zur Trinkmenge die Hervorrufung einer deutlichen Alkoholfahne nachgesagt, wohingegen Wodka über den Atem nahezu nicht wahrnehmbar sein sollte.

Die folgende Studie beschäftigt sich mit der Frage inwieweit es möglich ist, die Atemalkoholkonzentration anhand der Alkoholfahne einzuschätzen. Wir untersuchten die Fähigkeiten einer Expertengruppe in der Beurteilung der Alkoholfahne (Rechtsmediziner, die regelmäßig Blutproben im Auftrag der Polizei abnehmen) sowie einer Gruppe von Laien bezüglich dieser Fähigkeit. Zudem untersuchten wir ob weibliche und männliche Fähigkeiten hierauf bezogen unterschiedlich waren. Es wurde des Weiteren untersucht ob es Unterschiede in der Riechbarkeit von unterschiedlichen alkoholischen Getränken mit unterschiedlichem Begleitalkoholprofil gibt.

Material und Methoden

Die Ethikkommission genehmigte diese Studie. Alle Studienteilnehmer unterzeichneten nach Aufklärung eine Einverständniserklärung.

Wir untersuchten die Fähigkeiten einer Expertengruppe (8 Rechtsmediziner; 4 Frauen, 4 Männer) in der Beurteilung der Alkoholfahne sowie einer Gruppe von Laien (8; 4 Frauen, 4 Männer) bezüglich dieser Fähigkeit. Zudem untersuchten wir, ob weibliche und männliche Fähigkeiten hierauf bezogen unterschiedlich waren. Die olfaktorischen Fähigkeiten wurden mittels Sniffin' Sticks untersucht. Nur Rater mit normalen olfaktorischen Testergebnissen und ohne Erkältung oder anderen Einschränkungen zu dem Zeitpunkt des Experiments nahmen teil. Sie wurden angewiesen keinen Alkohol am Experimenttag sowie am Tag davor zu trinken. Sie wurden zudem instruiert, keine geruchsintensiven Speisen am Tag des Experiments zu sich zu nehmen und kein Parfüm, Lotionen mit Parfüm oder andere geruchsintensive Substanzen zu verwenden.

15 „trinkende Testpersonen“ wurden von den Ratern beurteilt. Vor dem Experiment wurden alle Probanden darauf getestet, ob sie gesund genug für die Teilnahme an der Studie waren

(z.B. keine Alkoholisierung, keine Lebererkrankungen etc.). Auch die Trinkenden wurden instruiert, keinen Alkohol am Tag des Experiments oder den Tag davor zu trinken. Es war verboten, fettige oder geruchsintensive Mahlzeiten am Tag des Experiments zu sich zu nehmen. Auch die Gruppe der Trinkenden wurde gebeten, kein Parfüm, Lotionen mit Parfüm oder andere geruchsintensive Substanzen zu verwenden. Eine Randomisierung der Testpersonen für die alkoholischen Getränke und die AAK-Level war nur teilweise möglich, da nicht alle Probanden mit einem Promille-Ziel im höheren Bereich einverstanden waren, und da nicht jeder jedes alkoholische Getränk trinken mochte. Soweit möglich wurde randomisiert, die weiteren Personen wurden zugeteilt.

Eine Schemazeichnung der Raumaufteilung ist in Abbildung 1 zu finden. Es gab einen Raum, aufgeteilt in zwei Bereiche durch eine Vorhangskonstruktion als Sichtschutzwand, eine Seite für die Rater (engl. für „Einschätzer“ oder „Bewerter“) sowie eine Seite für die zu testenden Personen. Ein weiterer Raum direkt nebenan wurde als Aufenthaltsraum für die Rater genutzt. Beide Räume waren groß und in einem gut durchgelüfteten Zustand mit frischer Luft. Ein dritter Raum für das kontrollierte Trinken der alkoholischen Getränke war weit genug entfernt von dem Bereich der Rater, sodass sie die zu testenden Personen von dort weder hören noch sehen konnten.

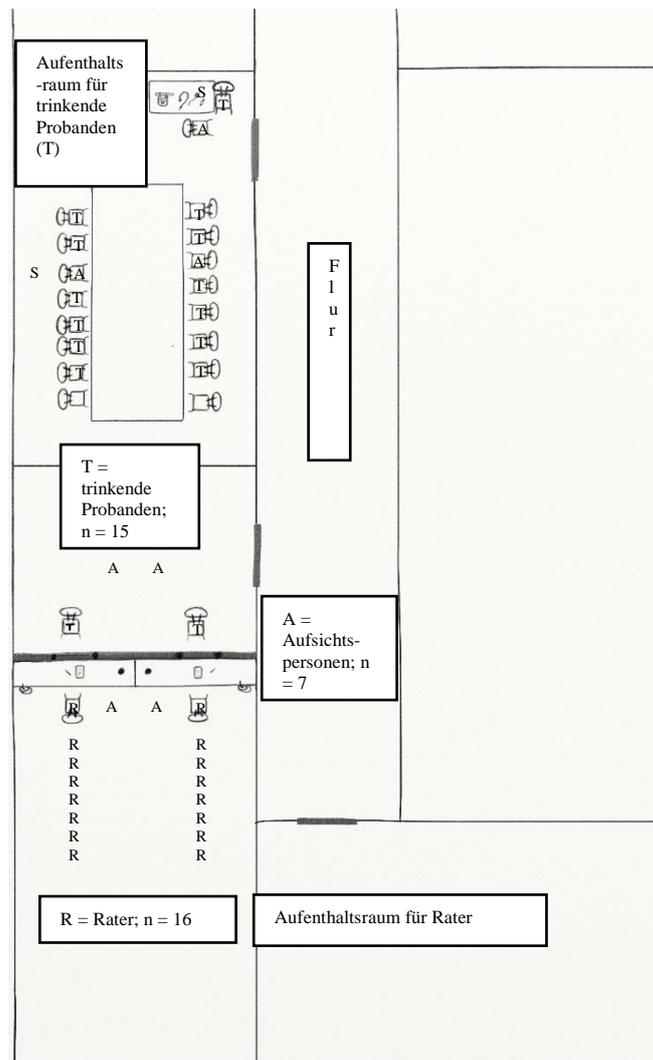


Abb. 1: Versuchsaufbau, Raumaufteilung.

Jeder der Rater musste die AAK von 15 Personen einschätzen. Die vorab festgelegten AAK-Level waren 0,0 ‰ (Negativkontrollen), 0,3 ‰, 0,5 ‰, 0,8 ‰ sowie 1,1 ‰. Für jedes Level wurden drei Testpersonen eingeschätzt. Jedes Alkoholkonzentrationslevel wurde von jeweils einer Person mittels Bier, mittels Wein und mittels Wodka erreicht. Die benötigte Trinkmenge wurde mit der Widmarkformel kalkuliert [27]. Es wurde untersucht ob Unterschiede in der Einschätzbarkeit von verschiedenen alkoholischen Getränken mit verschiedenen Begleitalkoholen bestehen.

Atemalkoholtests mit dem Alcotest ® 6510 von Dräger wurden nach einer 15minütigen Wartezeit sowie Ausspülen des Mundes mit Wasser zur Feststellung, ob die jeweilige trinkende Testperson den angestrebten Promillewert erreicht hatte, verwendet. Zusätzlich wurde eine Blutprobe zur Feststellung der BAK genommen.

Die Rater wurden für die Testung verblinded. Eine Vorhangskonstruktion mit zugehangenen Löchern sowie Schlafmasken wurden verwendet (siehe Abb. 2 und 3).

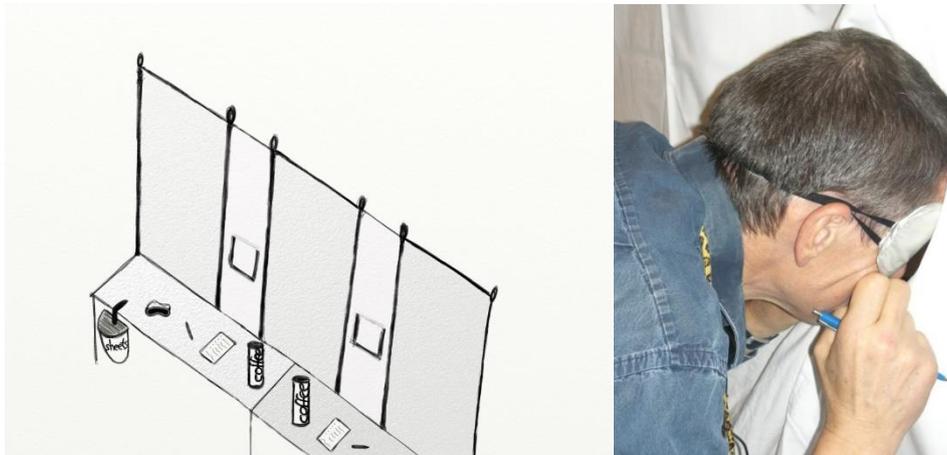


Abb. 2 und 3: Skizze Vorhangskonstruktion, Foto Vorhangskonstruktion.

Die alkoholisierten Testpersonen wurden instruiert nicht zu sprechen, sodass eine verwaschene Sprache die Beurteilung nicht beeinflussen konnte. Ein Auswertungsbogen wurde auf dem Tisch vor der Vorhangskonstruktion platziert. 0,0 ‰ Atemalkoholkonzentration wurde als „kein Alkoholgeruch“, 0,3 ‰ als „minimaler Alkoholgeruch“, 0,5 ‰ als „schwacher Alkoholgeruch“, 0,8 ‰ als „mittlerer Alkoholgeruch“ und 1,1 ‰ als „starker Alkoholgeruch“ definiert. Die Rater wurden über diese Definition informiert. Kaffeebohnen wurden zur Neutralisierung des Alkoholfahneindrucks zwischen den Untersuchungsdurchgängen verwendet. Die Reihenfolge der Rater wurde randomisiert. Am Experimenttag begannen die zu testenden Personen den Alkoholkonsum anhand eines zuvor mittels der Widmark-Formel errechneten zeitlichen „Fahrplans“, sodass sie die gewünschte Promillestufe bis zum Zeitpunkt ihres Einsatzes erreichen konnten. Die Reihenfolge der Untersuchung der zu untersuchenden Personen wurde randomisiert. Für jede Untersuchungsrunde wurden zwei zu untersuchende Personen auf ihre Seite der Vorhangskonstruktion begleitet. Auf der anderen Seite der Vorhangskonstruktion standen die Rater in der zuvor randomisierten Reihenfolge in zwei Reihen. Der vorderste Rater der beiden Reihen ging zu der Vorhangskonstruktion, roch zur Neutralisierung des Geruchseindrucks an den Kaffeebohnen, setzte die Augenmaske auf und bewegte die eigene Nase unter die Gardine in das Loch der Vorhangskonstruktion. Die Testpersonen auf der anderen Seite hauchten daraufhin die Rater jeweils zweimal an. Der jeweilige Rater versuchte den Geruch wahrzunehmen. Er tauchte hinter dem Vorhang wieder hervor, nahm die Sichtschutzbrille ab, notierte seine Geruchswahrnehmung sowie seine persönliche Nummer auf einem vor ihm liegenden Testbogen und warf ihn in die Sammelbox. Danach stellte sich der Rater hinten an

der Schlange für die andere zu testende Person an. Nachdem jeder Rater jede zu testende Person untersucht hatte, erfolgte eine kurze Pause mit Lüften des Untersuchungsraums. Der nächste Durchgang begann mit zwei anderen Testpersonen, der folgende Ablauf entsprach der ersten Versuchsrunde. Dieses Vorgehen wurde solange wiederholt bis alle zu testenden Probanden untersucht worden waren. Die Teilnehmer der Studie wurden während der kompletten Zeit des Versuchs durch Aufsichtspersonen überwacht damit die Vorschriften eingehalten wurden.

Alle Informationen der Auswertungsbögen wurden zusammengetragen und anschließend mittels Excel und SPSS (V.19) ausgewertet. In SPSS wurde eine Mixed Model Analyse verwendet und $p < 0,05$ als signifikant definiert. Die Daten der Atemalkoholtestungen wurden für die Auswertung der Einschätzungen der Rater verwendet.

Ergebnisse

Die Expertengruppe war signifikant ($p = 0,014$) besser in der Einschätzung der Atemalkoholkonzentration als unsere Laiengruppe.

Abbildung 4 zeigt die Schätzungsgenauigkeit aller Rater in individuellen Linien im Vergleich zu der realen Atemalkoholkonzentration (= graue gepunktete Linie), aufgeteilt auf die zuvor genannten Gruppen. Laien konnten die Atemalkoholkonzentration anhand der Alkoholfahne nicht einschätzen. Die Tendenz ihrer Einschätzungen war teilweise konträr zu dem Verlauf der Atemalkoholkonzentration. Experten schätzten die niedrigen Konzentrationen zu hoch und die hohen zu niedrig ein, dennoch waren ihre Schätzungen dazu geeignet, die Tendenz richtig einzuschätzen.

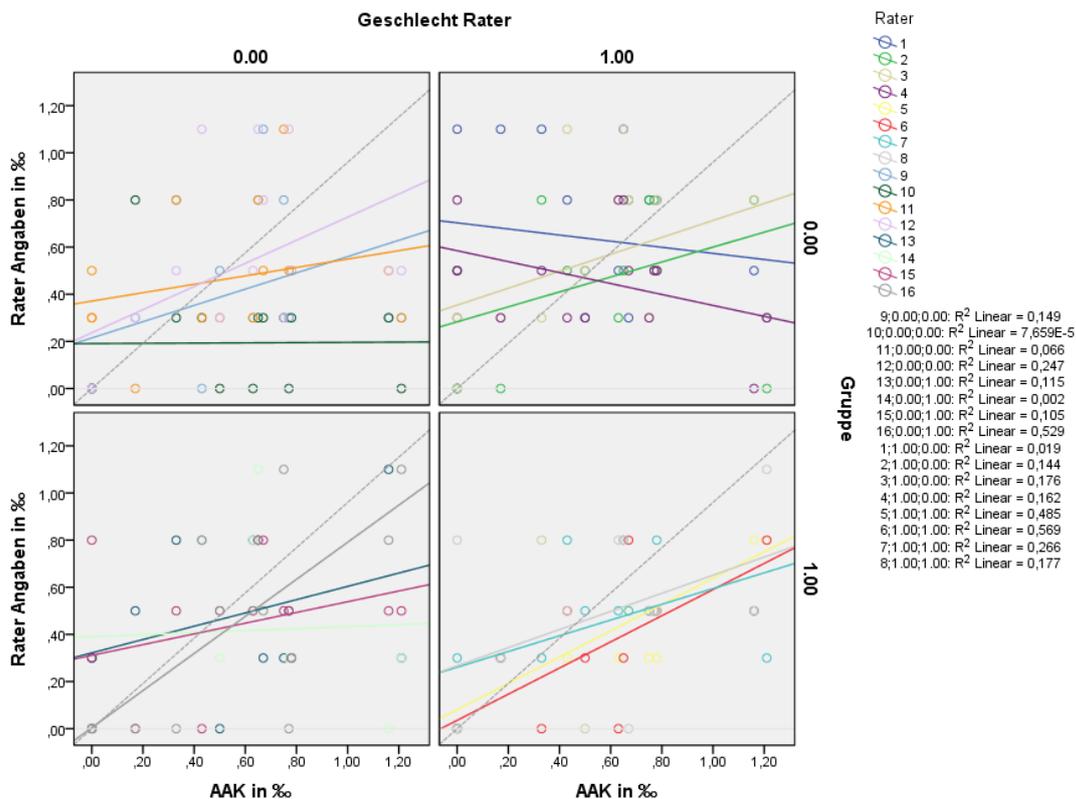


Abb. 4: Schätzungszuverlässigkeit der Gruppen.

Abbildung 5 zeigt alle Rater einschätzungen der verglichenen Gruppen zusammengefasst für die Kontrollen sowie die alkoholischen Getränke. Es gab keinen signifikanten Unterschied in den Einschätzungen der verschiedenen alkoholischen Getränke. Dennoch konnten Bier und Wein signifikant von den Nullkontrollen unterschieden werden, wohingegen Wodka sich nicht signifikant von den Kontrollen unterschied. Die Einschätzungen der Laien zusammengefasst bilden eine horizontale Linie statt des realen Anstiegs der Konzentrationen (grau gepunktete Linie). Im Gegensatz hierzu sind die Einschätzungslinien der Experten steigend.

Es gab keine geschlechtsspezifischen Effekte in der Expertengruppe. Die weiblichen Laien schätzen jedoch signifikant höher als die männlichen Laien ($p = 0,027$, siehe Abb. 4). Die Gruppen der Rater unterschieden sich nicht signifikant im Alter (Experte vs. Laien $p = 0,2830$; Frauen vs. Männer $p = 0,1014$). Das mittlere Alter der Experten war $37,5 \pm 12,81$ Jahre, das mittlere Alter der Laien $27 \pm 4,57$ Jahre. Das mittlere Alter der Männer war $36,88 \pm 13,70$ Jahre, das der Frauen $27,63 \pm 3,38$ Jahre.

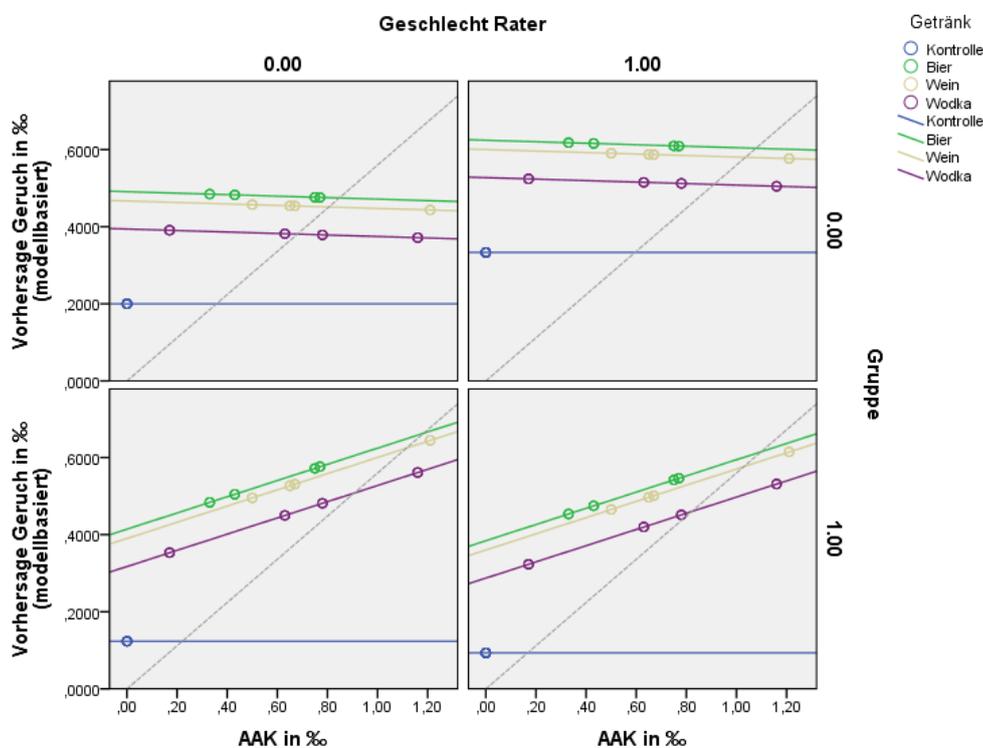


Abb. 5: Geschätzte Randmittel – grafische Zusammenfassung.

Abbildung 6 zeigt die Variabilität der Fehlerrate aller Rater. Sie zeigt, dass die Fehlerrate sehr unterschiedlich ist.

- 25-75%
- I Bereich ohne Ausreißer
- ° milde Ausreißer
- * extreme Ausreißer

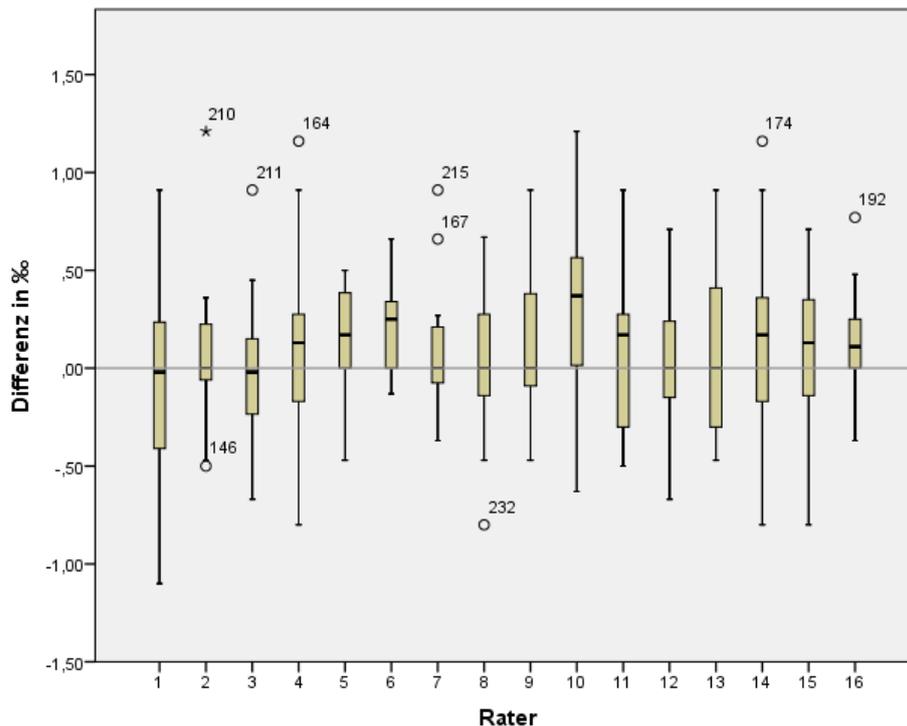


Abb. 6: Boxplot, Variabilität der einzelnen Rater.

Diskussion

Das Hauptziel dieser Studie war herauszufinden inwieweit es möglich ist die Atemalkoholkonzentration eines Menschen anhand der Alkoholfahne einzuschätzen. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Einschätzung der Alkoholfahne möglich ist. Die Experten waren im Gegensatz zu der Gruppe der Laien in der Lage, zumindest die Tendenz der Atemalkoholkonzentration einzuschätzen. Es gab keine geschlechtsspezifischen Effekte in der Expertengruppe, männliche und weibliche Experten unterschieden sich nicht signifikant in ihren Einschätzungen, wohingegen die weiblichen Laien höhere Schätzungen als ihre männlichen Pendanten abgaben. Manche anderen Studien, z.B. über den Einfluss des Alters auf das Riechvermögen sowie über den Einsatz von Sniffin' Sticks, zeigten geschlechtsspezifische Unterschiede [7, 13], andere Studien über olfaktorisches Training in verschiedenen Settings, über Lateralisierungseffekte bei Weingeruch, zur neuronalen Verarbeitung olfaktorischer Reize bei von Geburt an Blinden sowie zur Unterscheidung von Komponenten in Geruchsmixturen wiederum konnten keine geschlechtsspezifischen Effekte finden [3, 8, 19, 20, 23]. Manche davon, wie z.B. eine Studie von Konstantinidis et al [19] über olfaktorisches Training bei post-traumatischer und post-infektiöser olfaktorischer Dysfunktion fanden Trainingseffekte anstatt von geschlechtsspezifischen Effekten. Bezogen auf die Studie von Hummel et al [13] welche eine Abnahme des Riechvermögens nach dem Alter von 35 Jahren beschreibt, hätten manche der Experten aufgrund ihres höheren Alters schlechtere Fähigkeiten als die Laien haben müssen. Alterseffekte spielen bei unserer Studie somit entweder keine Rolle oder werden durch die Trainingseffekte mehr als ausgeglichen.

Es gibt zahlreiche Studien, die zeigen, dass nach Verlust des Riechvermögens eine Wiedererlangung der Funktion mittels Training mit Sniffin' Sticks möglich ist [4, 8, 11-14, 19]. Viele Studien über den Vergleich von Geruchskomponenten gleicher Intensität verwenden eine „Einarbeitungsphase“ (eine Form von Training der Studienteilnehmer vor dem eigentlichen Versuch, welche zu einer Erkennung der Geruchsstoffe von 88 % oder 86-100 % führten [15, 16, 21-24, 26]). Ebenso lässt unsere Studie darauf schließen, dass Training einen großen Effekt hat, welcher möglicherweise Effekte wie geschlechtsspezifische sowie altersspezifische Effekte überwiegt.

Habituationeffekte sind vermutlich der Grund warum eine Alkoholfahne in Räumen mit einem intensiven Alkoholgeruch schwierig einschätzbar ist und weshalb sie während eines längeren Gesprächs mit alkoholisierten Menschen ohne zwischenzeitlichen neutralisierenden Geruch zunehmend schlechter wahrnehmbar ist.

Thompson und Spencer [32] beschrieben Habituation als einen Effekt bezogen auf nervale Sinne im Allgemeinen, welcher das nervale Feedback durch kontinuierliche Stimulation oder wiederholte Stimulation mit dem selben Stimulus verringert. Sie beschrieben eine Erholung der nervalen Antwort, wenn der Stimulus sistiert (spontane Erholung), sowie durch einen anderen starken Reiz (Dishabituation) [32]. Bezogen auf die Olfaktion beschreibt Wilson [33] Habituation als eine Abnahme von peripherem sowie kortikalem Feedback durch kontinuierliche Stimulation oder wiederholte Stimulation mit dem selben Geruch. Des Weiteren würden ein anderer Geruch sowie ein lauter auditiver Stimulus zu Dishabituation führen [33].

Voraussichtlich hat ein Training mit regelmäßigem Feedback über die tatsächliche AAK in Kombination mit der Aktivierung des körpereigenen Alarmsystems den größten Effekt auf die Fähigkeit die Atemalkoholkonzentration anhand der Alkoholfahne einzuschätzen. Aufgrund von Bewertungen als „unangenehm“ von z.B. Butanol wird das Alarmsystem aktiviert [29]. Zusätzlich aktivieren Substanzen wie Methanol den Nervus trigeminus, einen weiteren Teil des Alarmsystems [6]. Das gezielte Riechen der Alkoholfahne verstärkt im Gegensatz zum zufälligen Riechen derselben den Trainingseffekt zudem, da es wichtige Gehirnareale vorbereitet und so einen effektiveren Gedächtnisprozess möglich macht [30].

Die verschiedenen alkoholischen Getränke unterschieden sich nicht signifikant in der Einschätzung. Bier und Wein ließen sich jedoch signifikant von den 0 ‰ – Kontrollen unterscheiden wohingegen Wodka nicht signifikant unterschiedlich war.

Wie verschiedene andere Studien zeigten, ist die olfaktorische Wahrnehmung eines Geruchs von hedonistischer Einschätzung (angenehm vs. unangenehm [29]), der Polarität [1], der chemischen Struktur [10, 17, 26] und der Intensität der Komponenten abhängig. Hierauf bezogen ist die Wahrnehmung von unangenehmen Komponenten höherer Intensität und Konzentration in den meisten Fällen die beste. Dies könnte gleichermaßen für die Alkoholfahne gelten. Zudem ist für die Wahrnehmung wichtig, ob der Geruch aus einer oder mehreren Komponenten besteht [1]. Zumindest mit Komponenten derselben Intensität wird die Einschätzbarkeit mit zunehmender Komponentenzahl schwieriger [15, 16, 21, 23, 24, 26]. Je mehr Komponenten vorhanden sind, desto mehr verschmelzen diese zu einem neuen Geruchseindruck [26]. Das menschliche Gehirn ist nur in der Lage, bis zu 3, maximal 4 Geruchskomponenten derselben Intensität in einer Geruchsmixtur zu identifizieren [23, 24, 26]. Meistens ist es bereits schwierig mehr als 2 Komponenten zu identifizieren [15, 16]. Abhängig davon wie die Intensitäten der Komponenten der Alkoholfahne empfunden werden, könnte dieser Effekt eines Gesamtgeruchseindrucks statt der Wahrnehmung der Einzelkomponenten ebenfalls eine Rolle bei der Wahrnehmung der Alkoholfahne spielen. Weitere Studien mit größeren Studiengruppen und mehr unterschiedlichen Getränken mit stärker unterschiedlicheren Begleitalkoholprofilen wären voraussichtlich notwendig um herauszufinden, welche Effekte letztlich entscheidend für die Wahrnehmung der Alkoholfahne sind.

Schlussfolgerung

Grundsätzlich sind AAK-Unterschiede olfaktorisch wahrnehmbar. Habituations- und Trainingseffekte spielen eine wichtige Rolle bei der Fähigkeit, Alkoholfahnen einzuschätzen. Die Art des Geruchs (Anzahl der Geruchskomponenten einer Geruchsmixtur u.a.) sowie das individuelle Riechvermögen haben anscheinend ebenfalls einen entscheidenden Einfluss auf die Wahrnehmung der Alkoholfahne. Inwieweit die verschiedenen Begleitstoffprofile die Geruchswahrnehmung ebenfalls beeinflussen, konnte nicht abschließend geklärt werden. Insgesamt hat anscheinend Training den stärksten Einfluss, welcher voraussichtlich z.B. etwaige geschlechtsspezifische Effekte aufhebt. Dies erklärt, weshalb Experten wie Rechtsmediziner in der Lage sind Atemalkoholkonzentrationen (AAKs) zumindest in der Tendenz einzuschätzen, wohingegen Laien hierzu nicht in der Lage waren und ihre Einschätzungen eher zufällig waren.

Zusammenfassung

Vor Gericht ist der Alkoholisierungsgrad eines Angeklagten oder Zeugen in vielen Fällen ein wichtiger Aspekt. Es fehlen jedoch häufig tzeitbezogene Atemalkohol- sowie Blutalkoholkonzentrationsmessungen. Das Fehlen dieser wichtigen Daten führt zu Einschätzungen des Alkoholisierungsgrades durch Zeugenaussagen. Ihre Einschätzungen basieren neben beobachteten körperlichen Ausfallerscheinungen sowie beobachtetem Alkoholkonsum auf der Wahrnehmung der sog. Alkoholfahne. Zudem hängen von der spontanen Wahrnehmung von Alkoholgeruch in der Atemluft einer Person in der Praxis weitere polizeiliche Maßnahmen (z.B. Durchführung der AAK-Probe) ab. Es ist daher wichtig, die olfaktorischen Fähigkeiten von Menschen bezüglich der Wahrnehmung der Alkoholfahne einschätzen zu können. Diese Studie beschäftigt sich mit der Frage, inwieweit es möglich ist die Atemalkoholkonzentration (= AAK) anhand der Alkoholfahne einzuschätzen. Wir untersuchten die Fähigkeiten einer Gruppe von Experten (Rechtsmediziner) und einer Gruppe von Laien bezüglich dieser Fragestellung. Zudem untersuchten wir inwieweit die Fähigkeiten von Männern und Frauen hierbei unterschiedlich sind. Die Studienteilnehmer schätzten Personen mit Atemalkoholkonzentrationen von 0,3 ‰, 0,5 ‰, 0,8 ‰, 1,1 ‰ sowie 0,0 ‰-Kontrollen ein. Neben drei Kontrollen wurden in jeder Promillestufe jeweils drei Personen untersucht, wobei eine davon Bier, eine Wein und eine Wodka trank. Es wurde getestet, ob Unterschiede in der Wahrnehmbarkeit der unterschiedlichen alkoholischen Getränke mit unterschiedlichen Begleitstoffprofilen bestehen. Es gab keine signifikanten Unterschiede bei der Einschätzbarkeit zwischen den verschiedenen alkoholischen Getränken. Es konnten jedoch Bier und Wein signifikant von den Negativkontrollen unterschieden werden, wohingegen Wodka keine signifikante Unterscheidbarkeit bot. Die Experten waren signifikant ($p = 0,014$) besser im Einschätzen der Atemalkoholkonzentration als die Laien. Laien waren nicht in der Lage, die AAK anhand der Alkoholfahne einzuschätzen. Experten schätzten die niedrigen AAK-Werte zu hoch und die hohen zu niedrig ein, sie konnten jedoch zumindest die Tendenz der Atemalkoholkonzentration einschätzen. Es trat kein geschlechtsspezifischer Effekt in der Expertengruppe auf. Im Vergleich hierzu schätzten die weiblichen Laien die AAK signifikant höher als männliche Laien. Die Wahrnehmung von Gerüchen sowie das olfaktorische Gedächtnis sind sehr komplexe Prozesse, die durch viele verschiedene Faktoren beeinflusst werden. Training hat anscheinend einen großen Einfluss auf die olfaktorischen Fähigkeiten hinsichtlich der Einschätzung von Alkoholfahnen, was etwaige geschlechtsspezifische Effekte aufhebt.

Schlüsselwörter

Atemalkohol – Olfaktion – Alkoholfahne – alkoholische Getränke – Begleitalkohole – Olfaktorische Testung – Sniffin' sticks

Summary

In the court room the alcoholisation level of a defendant or witness is an important aspect in many cases. However, in many cases breath alcohol and blood alcohol concentration measures are lacking concerning the time of the offence. The absence of this important data leads to estimation of the alcoholisation level by witnesses' testimonies. They base their estimations beside disturbed functions and observation of consumption of alcoholic beverages on the smell of alcohol on one's breath. Furthermore, in practice further police actions (e.g. sampling breath alcohol concentrations) depend on the spontaneous perception of the smell of alcohol on one's breath. Hence it is important to estimate the olfactory skills concerning the smell of alcohol. This study is about the question to what extent it is possible to rate the alcoholisation level by means of olfactory breath alcohol analysis. We examined the skills of a group of experts in estimating the smell of alcohol (coroners) and a group of laymen concerning this matter. Furthermore, we examined if the skills of women and men are different to this effect. They had to estimate people at the alcoholisation levels 0.3 g/kg, 0.5 g/kg, 0.8 g/kg, 1.1 g/kg and 0.0 g/kg controls. Beside three controls, for each level of alcoholisation three persons were examined, one reaching the level by drinking beer, one drinking wine and one drinking vodka. It was examined if there was a difference in estimating the different beverages, which all had a different profile of congeners. There was no significant difference in estimation between the different beverages. Nevertheless, beer and wine could be significantly distinguished from the controls while vodka did not differ significantly. We found our group of experts to be significantly ($p = 0.014$) better in estimating the alcoholisation level than our group of laymen. Laymen could not estimate the alcoholisation by means of smell of alcohol in one's breath. Experts estimated the low levels too high and the high levels too low, nevertheless they were able to distinguish the tendency of alcoholisation levels. There was no gender effect in the expert's group. In contrast the female laymen estimated significantly higher than the male laymen. The perception of odors as well as the olfactory memory are complex processes which are affected by various parameters. Training seems to have a huge effect on the skills of olfactory estimation of the smell of alcohol in one's breath, annulling gender effects.

Keywords:

breath alcohol – olfaction – smell of alcohol on one's breath

alkoholische Getränke – alcoholic beverages – congeners – olfactory analysis – sniffin' sticks

Literatur

1. Bell GA, Laing DG, Panhuber H (1987) Odour mixture suppression: evidence for a peripheral mechanism in human and rat. *Brain Res* 426:8-18
2. Bonte W (1987) Begleitstoffe alkoholischer Getränke. Biogenese, Vorkommen, Pharmakologie, Physiologie und Begutachtung. Schmidt-Römhild, Lübeck
3. Brand G, Brisson R (2012) Lateralisation in wine olfactory threshold detection: comparison between experts and novices. *Laterality* 17:583-596
4. Damm M, Pikart LK, Reimann H, Burkert S, Göktas Ö, Haxel B, Frey S, Charalampakis I, Beule A, Renner B, Hummel T, Hüttenbrink KB (2014) Olfactory training is helpful in postinfectious olfactory loss: a randomized, controlled, multicenter study. *Laryngoscope* 124:826-831
5. Doty RL (2009) The olfactory system and its disorders. *Semin Neurol* 29:74-81

6. Doty RL, Brugger WE, Jurs PC, Orndorff MA, Snyder PJ, Lowry LD (1978) Intranasal trigeminal stimulation from odorous volatiles: psychometric responses from anosmic and normal humans. *Physiol Behav* 20:175-185
7. Doty RL, Shaman P, Applebaum SL, Giberson R, Siksorski L, Rosenberg L (1984) Smell identification ability: changes with age. *Science* 226:1441-1443
8. Fleiner F, Lau L, Göktas Ö (2012) Active olfactory training for the treatment of smelling disorders. *Ear Nose Throat J* 91:198-215
9. Franzen A (2007) *Kurzlehrbuch Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*. Urban & Fischer, München
10. Guth H (1996) Determination of the configuration of wine lactone. *Helv Chim Acta* 79:1559-1571
11. Haehner A, Mayer AM, Landis BN, Pournaras I, Lill K, Gudziol V, Hummel T (2009) High test-retest reliability of the extended version of the "Sniffin' Sticks" test. *Chem Senses* 34:705-711
12. Haehner A, Tosch C, Wolz M, Klingelhofer L, Fauser M, Storch A, Reichmann H, Hummel T (2013) Olfactory training in patients with Parkinson's disease. *Plos One* 8:e61680
13. Hummel T, Kobal G, Gudziol H, Mackay-Sim A (2007) Normative data for the "Sniffin' Sticks" including tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds: an upgrade based on a group of more than 3,000 subjects. *Eur Arch Oto-Rhino-L* 264:237-243
14. Hummel T, Rissom K, Reden J, Hähner A, Weidenbecher M, Hüttenbrink KB (2009) Effects of olfactory training in patients with olfactory loss. *Laryngoscope* 119:496-499
15. Jinks A, Laing DG (1999) Temporal processing reveals a mechanism for limiting the capacity of humans to analyze odor mixtures. *Cognitive Brain Res* 8:311-325
16. Jinks A, Laing DG (2001) The analysis of odor mixtures by humans: evidence for a configurational process. *Physiol Behav* 72:51-63
17. Kirsch F, Buettner A (2013) Odor qualities and thresholds of physiological metabolites of 1,8-cineole as an example for structure-activity relationships considering chirality aspects. *Chem Biodivers* 10:1683-1695
18. Konstantinidis I, Printza A, Genetzaki S, Mamali K, Kekes G, Constantinidis J (2008) Cultural adaptation of an olfactory identification test: the Greek version of Sniffin' Sticks. *Rhinology* 46:292-296
19. Konstantinidis I, Tsakiropoulou E, Bekiaridou P, Kazantzidou C, Constantinidis J (2013) Use of olfactory training in post-traumatic and postinfectious olfactory dysfunction. *Laryngoscope* 123:E85-90
20. Kupers R, Beaulieu-Lefebvre M, Schneider FC, Kassuba T, Paulson OB, Siebner HR, Ptito M (2011) Neural correlates of olfactory processing in congenital blindness. *Neuropsychologia* 49:2037-2044
21. Laing DG, Eddy A, Best DJ (1994) Perceptual characteristics of binary, trinary, and quaternary odor mixtures consisting of unpleasant constituents. *Physiol Behav* 56:81-93
22. Laing DG, Eddy A, Francis GW, Stephens L (1994) Evidence for the temporal processing of odor mixtures in humans. *Brain Res* 651:317-328
23. Laing DG, Francis GW (1989) The capacity of humans to identify odors in mixtures. *Physiol Behav* 46:809-814
24. Laing DG, Glemarec A (1992) Selective attention and the perceptual analysis of odor mixtures. *Physiol Behav* 52:1047-1053
25. Laing DG, Panhuber H, Willcox ME, Pittman EA (1984) Quality and intensity of binary odor mixtures. *Physiol Behav* 33:309-319
26. Livermore A, Laing DG (1998) The influence of odor type on the discrimination and identification of odorants in multicomponent odor mixtures. *Physiol Behav* 65:311-320

27. Madea B, Brinkmann B (2003) Handbuch gerichtliche Medizin 2. Springer, Berlin Heidelberg New York
28. Probst R, Grevers G, Iro H (2008) Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. Thieme, Stuttgart
29. Royet JP, Plailly J, Delon-Martin C, Kareken DA, Segebarth C (2003) fMRI of emotional responses to odors: influence of hedonic valence and judgment, handedness, and gender. *Neuroimage* 20:713-728
30. Sobel N, Prabhakaran V, Desmond JE, Glover GH, Goode RL, Sullivan EV, Gabrieli JD (1998) Sniffing and smelling: separate subsystems in the human olfactory cortex. *Nature* 392:282-286
31. Sprung R, Rüdell E, Bonte W, Frauenrath C (1982) The determination of beverage-type by means of breath analysis. In: Council SAaD (ed). Valverius, M. Stockholm
32. Thompson RF, Spencer WA (1966) Habituation: a model phenomenon for the study of neuronal substrates of behavior. *Psychol Rev* 73:16-43
33. Wilson DA (2009) Olfaction as a model system for the neurobiology of mammalian short-term habituation. *Neurobiol Learn Mem* 92:199-205

10. Danksagung

An dieser Stelle danke ich allen herzlich, die mich auf meinem Weg zur Fertigstellung meiner Dissertationsschrift begleitet haben.

Ein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Jan Peter Sperhake für die Überlassung des Themas und die sehr gute Betreuung mit effektivem Gedankenaustausch sowie vielen Freiheiten in der Durchführung des Projekts.

Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr. med. Klaus Püschel und den Mitarbeitern des Instituts für Rechtsmedizin des Universitätsklinikums Hamburg Eppendorf, welche auch am Experiment teilgenommen haben, sowie den anderen Teilnehmern des Experiments.

Herrn Prof. Dr. Hans-Peter Beck-Bornholdt danke ich für sein lehrreiches Seminar über das Promovieren. Des Weiteren danke ich den Mitarbeitern des Instituts für Medizinische Biometrie und Epidemiologie des Universitätsklinikums Hamburg Eppendorf, insbesondere Herrn Dipl.-Math. oec. Eik Vettorazzi, für die Unterstützung bei der Verwendung von SPSS zur statistischen Auswertung. Zudem danke ich den Mitarbeitern der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde für die Unterstützung bei der Riechschwellentestung mittels Sniffin‘ Sticks sowie den Mitarbeitern des Instituts für Klinische Chemie und Laboratoriumsmedizin für die laborchemische Untersuchung der Probanden zur Testung der gesundheitlichen Eignungsfähigkeit.

Meiner Familie, insbesondere meinen Eltern sowie meinen Freunden danke ich herzlich für die stetige Unterstützung und Motivierung während der Anfertigungsphase.

11. Lebenslauf

Der Lebenslauf wurde aus datenschutzrechtlichen Gründen entfernt.

12. Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe. Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe. Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Kristina Jansen