



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Reduktion der Komplexität olfaktorischer Stimuli anhand chemischer
und organoleptischer Gesichtspunkte

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Pharmazie (Mag.pharm.)

Verfasserin / Verfasser:	Christiane Weißinger
Matrikel-Nummer:	0400785
Studienrichtung (lt. Studienblatt):	A 449 Pharmazie
Betreuerin / Betreuer:	Univ. Prof. Mag. Dr. Gerhard Buchbauer

Wien, im August 2009

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich all jenen meinen Dank aussprechen, die zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben:

Ich bedanke mich herzlich bei meinem Betreuer Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Buchbauer vom Department für Klinische Pharmazie und Diagnostik, der stets ein offenes Ohr für alle meine Fragen hatte.

Außerdem richte ich meinen Dank an Mag. Dr. Eva Heuberger, die mir während der gesamten Arbeit mit wertvollen Ratschlägen zur Seite stand. Bei Mag. Sandra Weber bedanke ich mich ebenfalls für die gute Zusammenarbeit.

Weiters gilt mein Dank dem Aromaexperten-Panel, das sich aus Dr. Reinhild Eberhardt (pensioniert), Dr. Heidrun Unterweger (AGES), Univ.-Prof. Dr. Erich Leitner (Technische Universität Graz, Institut für Lebensmittelchemie und -technologie), Erich Schmidt (Fa. Kurt Kitzing GmbH, pensioniert), Univ. Prof. Dr. Dorota Majchrzak und Dr. Petra Rust (Department für Ernährungswissenschaften) und Dr. Stefanie Bail (Department für Klinische Pharmazie und Diagnostik) zusammensetzte, wobei ich besonders Herrn Leitner und Frau Unterweger hervorheben möchte, die sich telefonisch um die Beantwortung der gestellten Fragen bemühten. Frau Eberhardt setzte sich zusätzlich bei einem persönlichen Treffen mit der Fragestellung auseinander.

Bei den Testpersonen möchte ich mich dafür bedanken, dass sie bereit waren ohne Entschädigung ihre Zeit zu opfern.

Bei René Klucky bedanke ich mich für die Unterstützung im Labor.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern und Geschwistern, sowie meinem Lebensgefährten, die für mich nicht nur eine finanzielle, sondern auch eine moralische Stütze während meines gesamten Studiums waren.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des Forschungsprojekts „Haptic and Olfactory Design. Resources for Vienna’s Creative Industries“, das vom Wiener Wissenschafts- und Technologiefonds (WWTF) unterstützt wird. Der Aufgabenbereich dieser Arbeit belief sich dabei auf die Reduktion der chemischen Komplexität von Geruchseindrücken.

Folgende zwölf Gerüche, die bei im Vorfeld durchgeführten Interviews in Bezug auf die Basisemotionen Freude, Trauer, Angst, Ekel, Überraschung und Wut oft genannt wurden, wurden dafür ausgewählt: Moder, Weihrauch, feuchte Luft, warme Sommerluft, Desinfektionsmittel, Computer (elektrisch), Kerzen (Bienenwachs), Urin, Erbrochenes, Kaffee, Verbranntes und Jasmin. Sie sollten auf ihre character impact compound beziehungsweise auf maximal drei Komponenten eingeschränkt werden.

Zu diesem Zweck wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, für die vor allem die wissenschaftlichen Datenbanken PubMed und SciFinder und diverse Fachliteratur herangezogen wurden. Zudem stand ein siebenköpfiges Aromaexperten-Panel zur Verfügung, dem viele weitere Informationen und Ratschläge zu verdanken waren.

In weiterer Folge wurde versucht, für die vermuteten character impact compounds geeignete Lösungsmittel und Mischungsverhältnisse zu bestimmen. Aus den Versuchen wurde die am besten geeignete Mischung, beziehungsweise Verdünnung betreffend Intensität und Geruchsqualität ausgewählt.

Die fertigen Kompositionen wurden von zehn Testpersonen hinsichtlich der Parameter Hedonik, Bekanntheitsgrad und Intensität auf einer zehnteiligen Skala bewertet. Wie erwartet und erwünscht traten große Differenzen in Bezug auf die Hedonik auf. Betreffend den Bekanntheitsgrad und die Intensität der zwölf nachgeahmten Gerüche wurden nur die Mischungen „Erbrochenes“ und „Computer“ im statistischen Vergleich signifikant unterschiedlich bewertet.

ABSTRACT

The following study is part of the research project “Haptic and Olfactory Design. Resources for Vienna’s Creative Industries” that is supported by Vienna Science and Technology Fund (WWTF). Its purpose was to reduce the complexity of olfactory impressions.

The following twelve odours were selected, which were derived from previously conducted interviews to investigate associations of ambient smells with the basic emotions happiness, disgust, anger, anxiety, sadness and surprise: musty odour, frankincense, moist air, summer air, disinfectant, computer (electric), candles (bees wax), urine, vomit, coffee, burnt smell and jasmine. The aim of this study was to reduce those complex olfactory mixtures to their character impact compound or at least to a maximum of three components.

Therefore, a literature research was conducted using mainly the scientific databases *SciFinder* and *PubMed*, and other technical literature. In addition a panel consisting of seven experts in the field of aroma analytics and organoleptic tests was available and offered supplementary information and advice.

Subsequently, an attempt was made to create simple mixtures with the established character impact compounds in the laboratory. For this purpose, the appropriate solvent and ratio of components had to be found. From the different tests conducted, the most suitable mixture or dilution regarding olfactory properties and intensity was chosen for each of the twelve smells.

The selected compositions were evaluated by ten human subjects with regard to the parameters “pleasantness”, “intensity” and “familiarity” on 1 – 10 rating scales. As expected and requested, significant differences occurred for the parameter pleasantness. Regarding the subjective intensity and familiarity of the twelve imitated odours just the composition “vomit” in comparison with “computer” was rated significantly different.

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG.....	1
2	ALLGEMEINER TEIL.....	3
2.1.	Kulturhistorische Betrachtung von Duftstoffen.....	3
2.2.	Geruchsstoffe	5
2.2.1.	Definition	5
2.2.2.	Duftstoffe versus Riechstoffe	6
2.2.3.	Geruchsstoffe versus Geschmacksstoffe.....	6
2.2.4.	Möglichkeiten der Einteilung und Klassifizierung von Riechstoffen	7
2.2.4.1.	<i>Nach Art der Gewinnung.....</i>	<i>7</i>
2.2.4.2.	<i>Nach Geruchsqualität.....</i>	<i>8</i>
2.3.	Wahrnehmung von Gerüchen.....	10
2.3.1.	Die chemischen Sinne	10
2.3.2.	Anatomischer Aufbau des Geruchsorgans.....	10
2.3.3.	Molekulare und zelluläre Mechanismen der olfaktorischen Reizübertragung	13
2.3.4.	Entdeckungsschwellenwert & Erkennungsschwellenwert	15
2.3.5.	Gewöhnung an Geruchsreize	15
2.3.6.	Perzeption von Geruchsmischungen	16
2.4.	Zusammenhang zwischen Geruch und Gefühlswelt.....	19
2.5.	Interviews	22
2.5.1.	Ausgewählte Düfte	23
2.5.1.1.	<i>Moder</i>	<i>23</i>
2.5.1.2.	<i>Weihrauch.....</i>	<i>23</i>
2.5.1.3.	<i>Desinfektionsmittel.....</i>	<i>25</i>
2.5.1.4.	<i>Urin</i>	<i>26</i>
2.5.1.5.	<i>Jasmin</i>	<i>26</i>
2.5.1.6.	<i>Kaffee</i>	<i>27</i>
2.5.1.7.	<i>Verbranntes</i>	<i>28</i>
2.5.1.8.	<i>Kerzen</i>	<i>28</i>

3	METHODENTEIL	30
3.1.	Literaturrecherche	30
3.2.	Befragung der Experten	32
3.3.	Verwendetes Material.....	32
3.4.	Herstellung der Mischungen.....	35
3.5.	Befragung der Testpersonen.....	46
3.5.1.	Testpersonen.....	46
3.5.2.	Fragebögen	47
4	ERGEBNISSE.....	48
4.1.	Ergebnisse aus Literaturrecherche und Befragung des Experten- Panels.....	48
4.1.1.	Desinfektionsmittel.....	48
4.1.2.	Kerzenduft	48
4.1.3.	Warme Sommerluft.....	49
4.1.4.	Verbranntes	50
4.1.5.	Jasmin	51
4.1.6.	Feuchte Luft.....	52
4.1.7.	Moder	52
4.1.8.	Computer	53
4.1.9.	Erbrochenes	54
4.1.10.	Weihrauch	54
4.1.11.	Urin.....	55
4.1.12.	Kaffee	57
4.2.	Ausgewählte Mischungen/Verdünnungen	58
4.3.	Auswertung der Fragebögen	60
4.3.1.	Assoziationen	64
4.3.2.	Bekanntheitsgrad.....	65
4.3.3.	Intensität.....	66
4.3.4.	Hedonik	67
5	DISKUSSION	70
6	LITERATURVERZEICHNIS	77

7	TABELLENVERZEICHNIS	86
8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	87
9	ANHANG.....	88
	9.1. Fragebogen (Auszug).....	88
10	LEBENS LAUF	89

1 EINLEITUNG

Die folgende Arbeit ist Teil eines interdisziplinären Projekts, dessen Ziel es ist, den Zusammenhang zwischen spezifischen Gerüchen und affektiven Zuständen sowie Basisemotionen von Menschen zu studieren. Dabei sollte gezeigt werden, dass bestimmte Gerüche aus der Umwelt in der Lage sind, sowohl positive als auch negative Gefühle hervorzurufen. Da man sich bei dieser Studie auf Wien-spezifische Düfte konzentrierte, wurden stichprobenartig Interviews an der Wiener Bevölkerung durchgeführt. Die Ergebnisse aus der Befragung zeigten, dass der Zusammenhang zwischen den genannten Gerüchen und Basisemotionen wie zum Beispiel Angst oder Glück stark vom persönlichen Hintergrund beeinflusst wird. Dennoch wurden viele der Gerüche entweder mit positiven (z.B. Blumenduft) oder negativen (z.B. Uringeruch) Gefühlen in Verbindung gebracht, manche hingegen (z.B. Zigarettenrauch) wurden sowohl mit einer Verbesserung als auch einer Verschlechterung des affektiven Zustands assoziiert. Die Reduktion der chemischen Komplexität bestimmter Gerüche und die anschließende Herstellung einfacher Mischungen im Labor, die in der vorliegenden Arbeit beschrieben sind, sollten es ermöglichen zu untersuchen, ob diese ausgewählten Gerüche zu unterschiedlichen psychophysiologischen Reaktionen führen.

Dass Gerüche, an die wir uns erinnern können, emotional belegt sind, ist schon lange bekannt [30, 47, 58]. Die Untersuchung des genauen Mechanismus, der dem Hervorrufen von Emotionen durch olfaktorische Stimuli unterliegt, ist Ziel vieler Studien.

Im Interesse einer Studie von *Bensafi et al.* [17] lag es beispielsweise in Erfahrung zu bringen, ob ein Zusammenhang zwischen Reaktionen des autonomen Nervensystems und der subjektiven Bewertung der Parameter Intensität, Hedonik, Bekanntheit und Erregung besteht. Den zwölf Testpersonen wurden dazu sechs unterschiedliche Düfte präsentiert, während Hautleitfähigkeit und Herzfrequenz gemessen wurden. Es konnte gezeigt

werden, dass die Herzfrequenz mit der Bewertung der Hedonik korrelierte, wobei unangenehm empfundene Gerüche zu einer Erhöhung der Schlagfrequenz führten. Weiters wurde ein Zusammenhang zwischen der Hautleitfähigkeit und dem Parameter Erregung sowie zwischen der Intensität und der Erregung festgestellt.

Dass Gerüche einen Einfluss auf Kognition, Emotionen und Verhalten haben, konnte auch durch eine Studie von *Robin et al.* [47] am Beispiel des Eugenols, das früher oft in Zahnarztpraxen verwendet wurde, bestätigt werden. Die 44 Teilnehmer wurden für die Versuche aufgrund ihrer persönlichen Erfahrung mit Zahnärzten in zwei Gruppen eingeteilt. Anhand thermovaskulärer, elektrodermalen und kardiorespiratorischer Parameter wurden Reaktionen des autonomen Nervensystems gemessen. Zusätzlich sollten die Probanden beurteilen, wie angenehm sie den Duftstoff empfinden. Die Gruppe, die Angst vor Zahnarztbesuchen hatte, bewertete den Duft deutlich negativer als die furchtlose Gruppe. Weiters konnte in der ängstlichen Gruppe ein stärkerer Effekt auf die elektrodermalen Parameter und eine erhöhte Herzschlagfrequenz, sowie eine erniedrigte Hauttemperatur festgestellt werden.

In Versuchen von *Kim & Watanuki* [33] wurden EEG-Messungen benutzt, um Reaktionen auf einen angenehmen und einen unangenehmen Duft zu untersuchen. Die zwei Düfte wurden in zwei unterschiedlichen Konzentrationen an zwölf Probanden getestet. Als Referenz diente destilliertes Wasser. Dabei konnte festgestellt werden, dass positiv empfundene Düfte in anderen Regionen des Gehirns Reaktionen auslösen als negativ konnotierte.

Eine erst kürzlich durchgeführte Feldstudie von *Weber & Heuberger* [57], an der insgesamt 32 Probanden teilnahmen, beschäftigte sich mit dem Einfluss komplexer natürlicher Duftstoffe auf affektive Zustände beim Menschen in freier Natur. Die Tests ergaben, dass natürliche Düfte, die von bestimmten blühenden Pflanzen stammen, die Stimmung, Wachheit und Ruhe positiv beeinflussen.

2 ALLGEMEINER TEIL

2.1. Kulturhistorische Betrachtung von Duftstoffen

Geruchseindrücke haben Menschen wohl immer schon fasziniert und beeinflusst. Die Verwendung von Duftstoffen soll bereits in der Steinzeit stattgefunden haben. Duftanwendung wurde mit Göttlichkeit und Mystik verbunden und führte im Zuge dessen zur Entstehung von Riten und Symbolen. Wohlgeruch diente nach damaligen Vorstellungen dem Schutz von Lebenden und Toten, der Bekämpfung von Krankheiten, der Unterstützung der Gesundheit und auch der Verbindung mit dem Jenseits [43, 48].

Der Gebrauch von Duftstoffpflanzen ist bereits im alten Ägypten dokumentiert, wo die klimatischen Gegebenheiten für diese Pflanzen besonders günstig gewesen sein müssen [48]. Am häufigsten wurden Düfte damals für Rauchopferungen verwendet, die zu Ehren der Götter abgehalten wurden. Dazu wurden vor allem Hölzer und Harze, aber auch andere Pflanzenteile verbrannt, wobei häufig eine Mischung aus Myrrhe, Weihrauch, Opoponax und diversen anderen Duftspendern verwendet wurde. Die bekannteste Mischung stellte *kyphi* dar, deren Zusammensetzung variieren konnte [43].

Für den ägyptischen Totenkult waren Duftstoffe unerlässlich. Sie dienten als Grabbeigaben und zur Balsamierung der Toten, die neben der Konservierung des Leichnams auch dazu bestimmt war, den Toten auf seinem Weg in himmlische Gefilde vor Dämonen zu schützen [43]. Auch im antiken Griechenland und Rom hat sich eine ausgeprägte Duftkultur entwickelt. Den Griechen soll das Verfahren der Fettextraktion von Blütendüften, das wir heute unter der Bezeichnung „Enfleurage“ kennen, bereits bekannt gewesen sein [44]. Im Altertum wurden Duftstoffe neben dem ästhetischen Effekt oft aus medizinischen Gründen eingesetzt, wobei man sich einer Wirkung auf den Geist ebenfalls durchaus bewusst war. Im Mittelalter hingegen sah man Düfte als Auslöser der sündigen Wollust an und mied sie daher [42]. Das Wissen um

viele Duftpflanzen und diverse Herstellungsverfahren ging weitgehend verloren [48]. Erst in der Renaissance wurde die Welt der Düfte langsam wiederbelebt [42].

Durch die industrielle Entwicklung der Wasserdampfdestillation durch die Araber, die diese für die Duftstoffgewinnung besonders wichtige Technik um 1000 n. Chr. wiederentdeckten (bekannt dürfte sie in Persien schon im dritten Jahrtausend v. Chr. gewesen sein), war es möglich, qualitativ höherwertige Öle und Essenzen zu gewinnen. Diese dienten bis zum Ende des 19. Jahrhunderts zur Herstellung von Parfüms [48, 44].

Erst die rasche Entwicklung der organischen Chemie brachte eine Wende. Es war nun möglich, Einzelbestandteile eines ätherischen Öls zu isolieren und seine genaue Struktur zu bestimmen. Durch die chemische Synthese diverser Stoffe standen plötzlich unbeschränkte Mengen in großer Reinheit zur Verfügung, was der Parfümerie vollkommen neue Türen öffnete. Bis zu diesem Zeitpunkt war die Natur das absolute Vorbild für die Parfümerie, was sich durch die Markteinführung von *Chanel No. 5* in den 1920ern endgültig änderte. Heute stehen Parfümeuren neben natürlichen Produkten weit mehr als 3000 synthetische Duftstoffe zur Verfügung [43].

Bis ins vorige Jahrhundert waren Duftstoffe nur einem kleinen Anwenderkreis vorbehalten. Heute finden Riechstoffe in unzähligen Bereichen Verwendung und sind unerlässlicher Bestandteil von Kosmetika, Hygiene- und Haushaltsartikeln, aber auch als Aromen in Lebensmitteln. Dieser enorme Verbrauch lässt sich dadurch erklären, dass erkannt wurde, dass ein angenehmer Geruch den Absatz der Erzeugnisse zu steigern vermag [48]. Dies beweist, dass Gerüche nach wie vor einen großen Einfluss auf unser Erleben und Verhalten ausüben [52].

2.2. Geruchsstoffe

2.2.1. Definition

Im Allgemeinen versteht man unter Riech- beziehungsweise Geruchsstoffen Verbindungen natürlichen oder synthetischen Ursprungs, die in der Lage sind, einen olfaktorischen Reiz auszulösen. Sie besitzen also eine sensorische Aktivität. Ebenso wie Geschmacksstoffe gelten Geruchsstoffe als chemische Botenstoffe. Ihre Rezeptoren, die Riechzellen, befinden sich im Riechepithel der Nase [42].

Ein wichtiges Kriterium für die Wahrnehmung eines Geruchs stellt die Flüchtigkeit einer Substanz dar. Daher spielt auch das Molekulargewicht eine entscheidende Rolle [55]. So sind Riechstoffe mit einem Molekulargewicht über 300 *Da* Ausnahmefälle. Weiters hängt die Reizauslösung auch stark von der Intensität des Stoffes ab. Manche Gerüche bemerkt man schon bei außerordentlich geringen Konzentrationen. Dies gilt insbesondere auch für solche, die auf eine Gefahrensituation hinweisen [55].

Als wichtige Voraussetzung für die spezifische Geruchsqualität gelten Form, Volumen und Größe der Molekularstruktur eines riechbaren Moleküls [42]. Der Dipolcharakter von Riechstoffmolekülen ermöglicht die Wechselwirkung mit dem Rezeptor, wobei die polaren Gruppen für das Andocken an die Bindungsstelle notwendig sind, während der hydrophobe Teil über Qualität und Stärke des Geruchs entscheidet. Bemerkenswert ist auch, dass die Chiralität einen starken Einfluss auf die Geruchsqualität ausüben kann. Obwohl zwischen zwei Enantiomeren nur geringfügige Unterschiede bestehen, ist der Geruchseindruck oft ein vollkommen anderer [42]. Als bekanntes Beispiel kann hier Menthol angeführt werden: Das (-)-Menthol besitzt einen kühlenden Effekt und riecht minzig, (+)-Menthol hingegen zeichnet sich durch einen krautigen, kellerartigen Geruch aus.

In der Natur vorkommende Stoffe setzen sich meistens aus vielen Komponenten zusammen und lösen als komplexes Duftgemisch einen Gesamteindruck aus [55].

2.2.2. Duftstoffe versus Riechstoffe

Während wir Duftstoffe mit Wohlgeruch assoziieren, bezeichnet der Begriff „Riechstoff“ sowohl Verbindungen, die eine angenehme Geruchsempfindung auslösen, als auch solche, die unangenehm riechen und daher als „Gestank“ bezeichnet werden [18].

Duft- beziehungsweise Aromastoffe finden in zahlreichen Bereichen, wie zum Beispiel der Lebensmittel- und Parfümindustrie, Anwendung. Für ihren Bedarf reichen die natürlichen Ressourcen bei Weitem nicht mehr aus.

2.2.3. Geruchsstoffe versus Geschmacksstoffe

Oft werden Geruchsstoffe und Geschmacksstoffe in einem Atemzug genannt. Tatsächlich beeinflussen Geruchsstoffe auch den Geschmack von Nahrungsmitteln entscheidend. Im Gegensatz zu Riechstoffen kennen Geschmacksstoffe in Bezug auf Molekulargewicht und Polarität keine Begrenzung, müssen aber wasserlöslich sein, um ihre Rezeptoren, die Sinneszellen in den Geschmacksknospen der Zunge, zu erregen. Erst im Speichel gelöst können sie wahrgenommen werden. Außerdem findet die Reizauslösung von Geschmacksstoffen erst bei relativ hohen Konzentrationen statt [42]. Die Intensität und der Charakter der Geschmacksempfindung hängen neben der Konzentration und der Einwirkdauer des Geschmacksstoffes aber auch von der Temperatur und Konsistenz der Nahrung ab [55].

2.2.4. Möglichkeiten der Einteilung und Klassifizierung von Riechstoffen

2.2.4.1. *Nach Art der Gewinnung*

- *Natürliche Produkte*

Natürliche Produkte stammen direkt aus pflanzlichen oder tierischen Quellen und werden durch physikalische Prozesse, zum Beispiel Wasserdampfdestillation, Pressung, Extraktion mit Lösungsmitteln usw., gewonnen [13].

- *Naturidente Produkte*

Diese werden im Labor synthetisch hergestellt, sind aber chemisch ident mit den entsprechenden Naturstoffen, die als Vorlage dienen [13]. Vanillin wird beispielsweise in großen Mengen aus Holzabfällen gewonnen.

- *Künstliche Produkte*

Darunter versteht man neue Stoffe, die in der Natur nicht vorkommen oder noch nicht in pflanzlichen oder tierischen Produkten entdeckt wurden [13].

Synthetisch hergestellte Produkte sollen meist natürliche Stoffe imitieren, was aufgrund deren Komplexität eine große Herausforderung darstellt und nicht immer gelingt. Obwohl natürliche Verbindungen häufig bevorzugt werden (vor allem bei Aromastoffen, die Nahrungsmitteln zugesetzt werden), greift man vielfach auch zu naturidenten oder künstlichen Produkten. Dies geschieht einerseits aufgrund der Kostenfrage – Naturprodukte besitzen nicht selten einen stolzen Preis –, andererseits, weil natürliche Quellen oft nicht in ausreichendem Maß zur Verfügung stehen oder deren Ausbeutung ethisch nicht vertretbar wäre [13].

2.2.4.2. Nach Geruchsqualität

Der Mensch ist in der Lage, mehr als 10000 Düfte wahrzunehmen und zu unterscheiden [52]. Der Versuch einer Klassifizierung stößt jedoch immer wieder auf Schwierigkeiten, zumal Gerüche sehr subjektiven Bewertungen unterliegen und Substanzen mit ähnlichem Geruchsprofil häufig sehr unterschiedliche Strukturen aufweisen, oder umgekehrt, kleine Änderungen in der Struktur eine vollkommen andere Wahrnehmung zur Folge haben [13]. Außerdem hängt die Qualität des Riechstoffes auch von der Konzentration, in der er vorliegt, ab [52].

- *Das Geruchsprisma von Henning*

Ein sehr bekanntes Prinzip der Einteilung von Gerüchen stammt von Hans Henning. Bereits 1916 beschrieb er in seiner Habilitationsschrift „Der Geruch“ sechs Grundempfindungen, von denen jede einzelne in jede andere kontinuierlich übergeht. Veranschaulicht hat Henning diese Erkenntnis im sogenannten Geruchsprisma, dessen Ecken die Primärgerüche darstellen (Abb.1) [29].

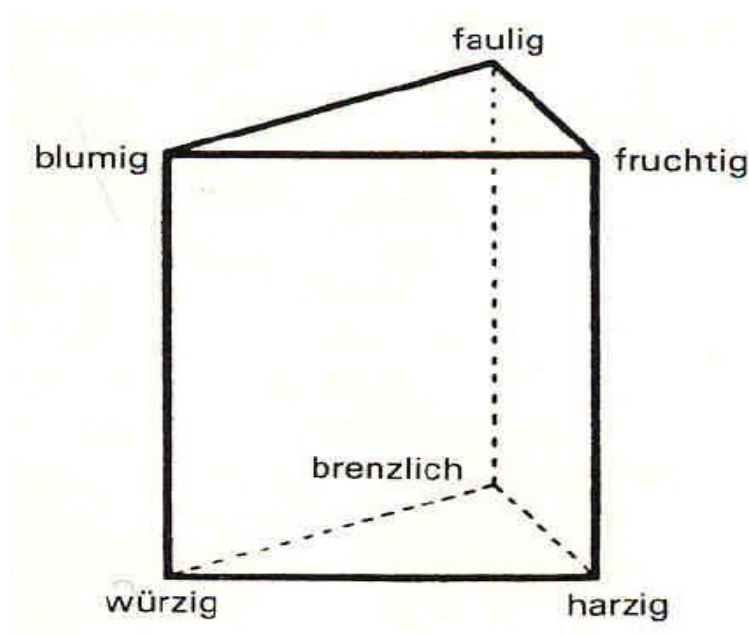


Abbildung 1: Geruchsprisma nach Henning [29]

- *Die sieben Duftqualitäten nach John E. Amoore*

Ein weiteres Klassifikationsschema, das im Gegensatz zu Hennings Prisma auch heute noch Bedeutung hat, wurde von John E. Amoore in den 1950er Jahren erstellt. Er teilte die Geruchsempfindungen in sieben Hauptgruppen ein und ordnete ihnen charakteristische Leitdüfte zu [52].

Duftklasse	Substanzen (Auswahl)	Riecht nach	Schwelle (Moleküle/ml Luft)
blumig	Geraniol	Rosenöl	10^{14}
minzartig	L-Menthol	Pfefferminze	10^{14}
ätherisch	Benzylacetat	Birnen	10^{14}
moschusartig	Moschus	Moschus	$10^{13} - 10^{15}$
kampferartig	Kampfer	Eukalyptus	10^{14}
schweißig	Buttersäure	Schweiß	$10^9 - 10^{11}$
faulig	Schwefelwasserstoff	faulen Eiern	$10^7 - 10^9$

Tabelle 1: Primärgerüche [55]

Es folgten noch einige weitere Versuche Gerüche zu kategorisieren. Ein lückenloses und fehlerfreies System existiert dennoch bis heute nicht. Dazu ist die Welt der Düfte wohl zu komplex, beziehungsweise unser Verständnis der Signalverarbeitung zu unvollständig.

2.3. Wahrnehmung von Gerüchen

2.3.1. Die chemischen Sinne

Die Perzeption von olfaktorischen und gustatorischen Reizen erfolgt durch die so genannten chemischen Sinne, zu denen der Geschmacks- und der Geruchssinn zählen. Oft mit Emotionen und Instinkten in Verbindung gebracht, wurden sie auch als „niedere Sinne“ bezeichnet. Schmecken und Riechen hängen eng zusammen. So führt eine Schwellung der Nasenschleimhaut, also zum Beispiel ein akuter Schnupfen, neben der Beeinträchtigung des Geruchsvermögens auch zu einer Verminderung von Geschmackseindrücken (Flavour), da, wie bereits erwähnt, der in diesem Falle beeinträchtigte Geruchssinn auch das Geschmackserlebnis, das eben auch vom Geruch abhängt, wesentlich beeinflusst [52, 55].

Im Gegensatz zum Geruchssinn, mit dem wir in der Lage sind, unzählige Stoffe und Stoffgemische oft schon bei minimalen Konzentrationen zu unterscheiden, scheint der Geschmack ein einfacher Sinn. Er beschränkt sich auf die Qualitäten süß, sauer, salzig und bitter [43]. Dass eine fünfte Geschmacksrichtung existiert, wurde im Jahr 2002 durch die Entdeckung des Umami-Rezeptors bewiesen [35]. Umami bezeichnet das Mundgefühl (mouthfeel effect), das vor allem durch Natriumglutamat und 5'-Ribonucleotide ausgelöst wird, die deshalb oft als Geschmacksverstärker eingesetzt werden [42].

2.3.2. Anatomischer Aufbau des Geruchsorgans

Sitz des Geruchsorgans ist die Nasenschleimhaut, die neben der Analyse von Geruchsreizen vor allem auch der Reinigung und Befeuchtung der Inspirationsluft und deren Erwärmung auf Körpertemperatur dient. Diese Erwärmung wird durch feine Venengeflechte unter der Nasenschleimhaut begünstigt [55].

Die äußere Nase lässt sich in Nasenwurzel, Nasenrücken, Nasenspitze und Nasenflügel gliedern und besteht aus Knochen, Knorpeln und häutigen Anteilen. Am Naseneingang befinden sich lange Haare (lat. vibrissae), deren Aufgabe es ist, größere Partikel in der Atemluft abzufangen [55]. Die mit Schleimhaut bedeckte Nasenhöhle wird durch die teils knorpelige, teils knöchrige Nasenscheidewand (lat. septum) in zwei Hohlräume getrennt. Die Nasenmuscheln, drei hakenförmig verlaufende Knochenspannen, unterteilen die Nasenhöhle in die Nasengänge und dienen der Oberflächenvergrößerung [55].

Die Nasenschleimhaut setzt sich aus Wasser, mit einem Anteil von 96 %, und 4 % Glyco-Proteinen zusammen [52]. Sie besteht aus Regio respiratoria (respiratorische Schleimhaut) und Regio olfactoria (Riechschleimhaut). Das Riechepithel des Menschen ist an der oberen Nasenmuschel und im oberen Teil des Septums lokalisiert und nimmt eine Oberfläche von etwa 8 cm² ein [55]. Es enthält drei verschiedene Arten von Zellen, nämlich Sinneszellen, Basalzellen und Stützzellen. Riechzellen sind als einzige Nervenzellen im erwachsenen Nervensystem zu einer regelmäßigen mitotischen Zellteilung befähigt, wobei die Basalzellen als Quelle der Regeneration fungieren [52, 55].

Riechneuronen dienen der Erfassung von Duftstoffen und der Weiterleitung der Signale, die durch olfaktorische Stimuli ausgelöst werden, zum Gehirn. Die Reizweiterleitung wird je nach Dauer und Stärke des Reizes durch Auslösung von Aktionspotentialen bewerkstelligt. Zum Schutz der Riechzellen ist das olfaktorische Epithel mit Schleim bedeckt, der von den Stützzellen und den Bowman'schen Drüsen gebildet wird [52]. Der Mensch besitzt ungefähr 30 Millionen [27] dieser Zellen, die zu den primären Sinneszellen zählen. Die Enden der länglichen Neuronen, die so genannten Zilien oder Riechhärchen, durchdringen in Bündeln die Schleimhaut und sind so mit der Außenwelt verbunden (Abb.2).

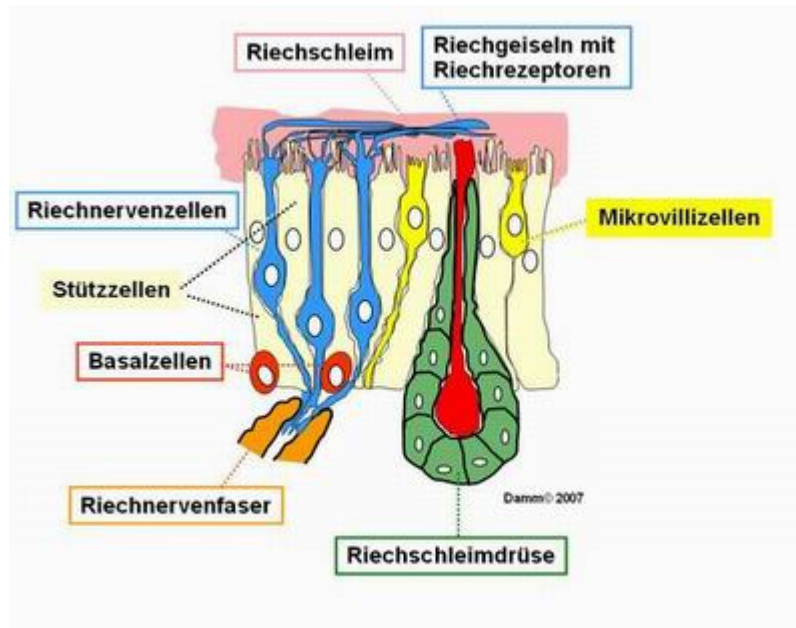


Abbildung 2: Riechepithel – schematischer Aufbau [31]

Die zentralen Fortsätze der Riechneuronen, die marklosen Axone, ziehen durch die Siebbeinplatte des Nasenbeins hindurch in den Riechkolben (lat. bulbus olfactorius) des Vorderhirns [52, 42]. An der Oberfläche des Bulbus olfactorius liegen die Riechfasern nun als knäuelartige Glomeruli vor, in denen die Axone mit den Mitralzellen synaptisch verschaltet werden (Abb.3). Ungefähr 1000 afferente Fasern – stammend von Neuronen, die einen Rezeptortyp exprimieren – werden hier auf eine Mitralzelle zusammengefasst. Die Fortsätze der Mitralzellen wiederum bilden einen gemeinsamen Trakt, den Tractus olfactorius, und terminieren im primären Riechhirn (olfaktorischer Kortex). Von dort aus wird der Reiz in weitere Hirnareale geleitet [55, 52, 42].

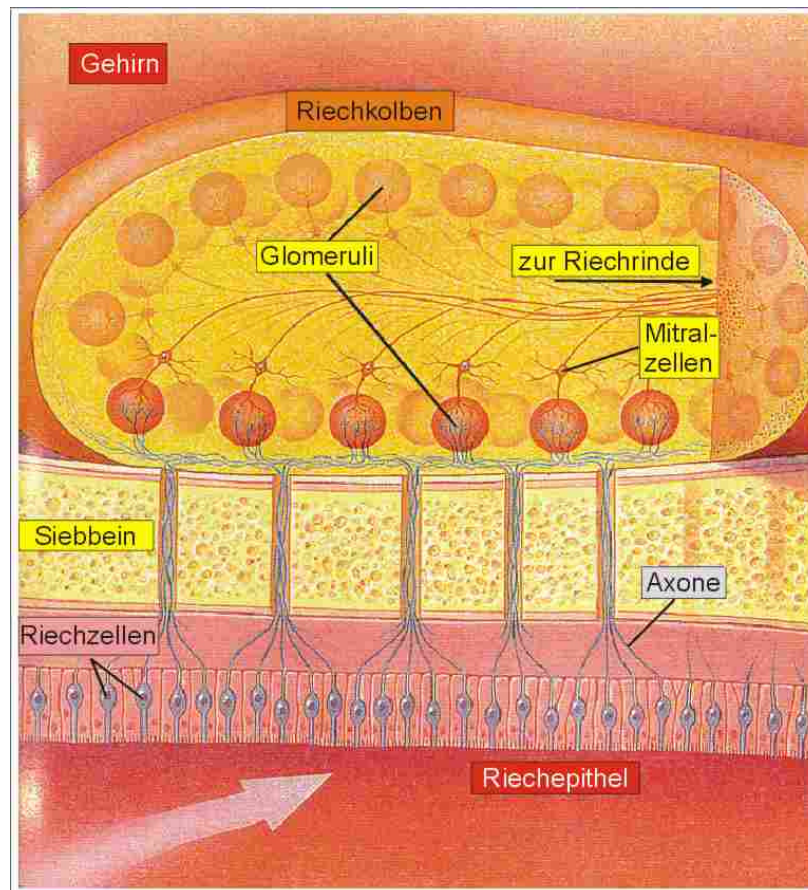


Abbildung 3: zentrale Verarbeitung von Geruchsinformationen [12]

2.3.3. Molekulare und zelluläre Mechanismen der olfaktorischen Reizübertragung

Um Gerüche wahrnehmen zu können, werden olfaktorische Reize über eine kaskadenartige Reaktion in elektrische Signale umgewandelt [27]. Diese Reaktionskaskade ist schematisch in Abb.4 dargestellt. Odorant Binding Proteins (OBPs) fungieren hier vermutlich als Trägerproteine, die den Geruchsstoff von der Riechschleimhaut zum Rezeptor transportieren [42]. Durch die Interaktion des Moleküls mit dem olfaktorischen Rezeptor werden so genannte G_{olf} -Proteine aktiviert, die das Enzym Adenylat-Cyclase dazu veranlassen, große Mengen an cyclischem Adenosin-Monophosphat (cAMP) zu produzieren. Das cAMP-Molekül verändert als *second messenger* die Struktur der Ionenpumpe durch Phosphorylierung des transmembranären Kanalproteins, wodurch sich der Kanal nun im offenen Zustand befindet. Der sogenannte CNG (cyclic-nucleotide-gated)-Kanal weist eine unspezifische Permeabilität für

Kationen (Na^+ , Ca^{2+}) auf, die von der Schleimhaut in die Zelle strömen. Wenn das Membranpotential auf über -50 mV steigt, wird ein elektrischer Impuls ausgelöst und damit die intrazelluläre Kommunikation, die die Weiterleitung der Reize ermöglicht [27, 42]. Wie für G-Protein-gekoppelte Rezeptoren typisch, weisen olfaktorische Rezeptorproteine eine transmembranäre heptahelikale Struktur auf.

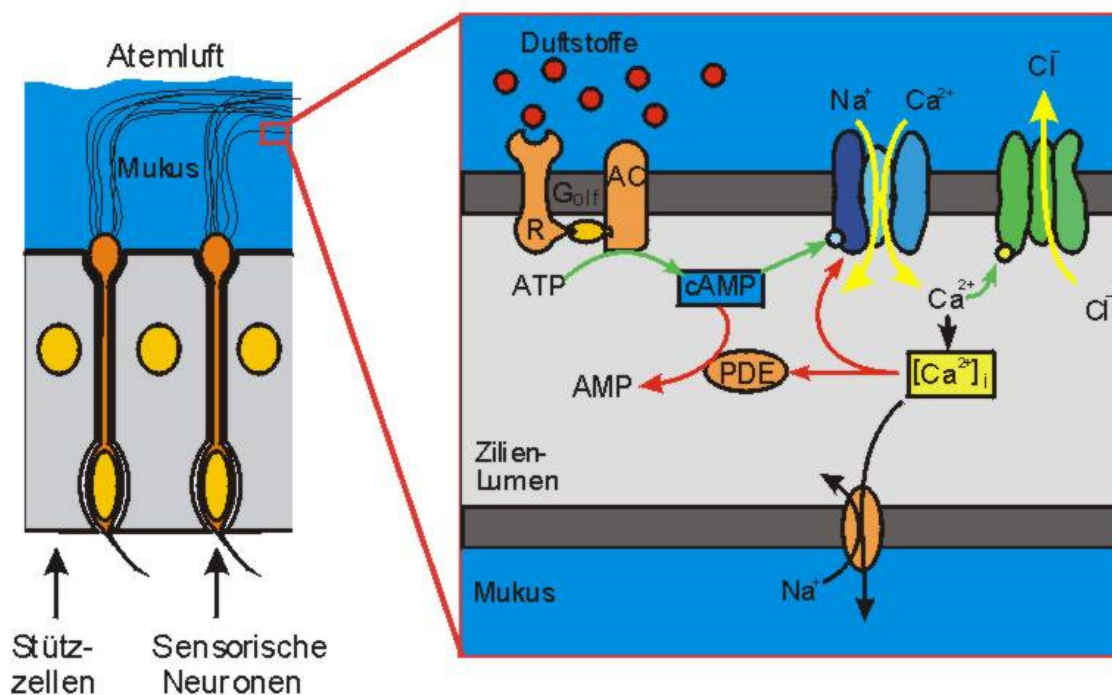


Abbildung 4: Signaltransduktion in Riechzellen [25]

1991 entdeckten Linda Buck und Richard Axel eine große Multigen-Familie mit mindestens 1000 Genen in Ratten, die auch in unserem Genom existiert. Von diesen 1000 exprimiert jedes einzelne auch nur einen bestimmten Typ eines olfaktorischen Rezeptorproteins. Allerdings weisen Studien darauf hin, dass ungefähr 70 % dieser Gene beim Menschen Pseudo-Gene sind. Das bedeutet, dass wir im Vergleich zu anderen Säugetieren, wie zum Beispiel Nagetieren, zwei Drittel unserer olfaktorischen Rezeptorproteine nicht nutzen können. Bis auf Chromosom Y und 20 liegen die Mitglieder dieser Multigen-Familie auf alle Chromosomen verteilt, wobei viele der Gene in genomischen Gruppen aus bis zu 10 vorliegen [27].

Ein einfaches Schlüssel-Schloss-Modell reicht allerdings für die Erklärung der Geruchswahrnehmung nicht aus. Die Aktivierung des Rezeptors ist nur ein Schritt in einer langen Kette von Ereignissen, die von der Inhalation eines Duftreizes zur Wahrnehmung im Gehirn führt [28].

2.3.4. Entdeckungsschwellenwert & Erkennungsschwellenwert

Die schwächste Konzentration, bei der man noch in der Lage ist einen Geruchsreiz wahrzunehmen, bezeichnet man als Entdeckungsschwellenwert. Dieser Wert hängt nicht nur von der Substanz selbst ab, sondern unterscheidet sich auch von Individuum zu Individuum. Für Tiere liegt die Reizschwelle meist deutlich unter der menschlichen. Im Vergleich zum Hund oder Aal benötigt der Mensch oft millionenfach mehr Moleküle, um Gerüche zu bemerken [42].

Besonders niedrige Schwellenwerte wurden beispielsweise für die Substanzen Thiamin (2×10^{-6} ppb) oder Trichloranisol (3×10^{-6} ppb) festgestellt. Die Konzentration, ab der das olfaktorische Rezeptorsystem erregt wird, reicht für die Erkennung der Geruchsqualität aber noch nicht aus. Hierfür muss der Duftstoff bis auf wenige Ausnahmen, wie zum Beispiel Moschus-Riechstoffe, bei denen Entdeckungs- und Erkennungsschwellenwert sehr nahe beieinander liegen, in einer zwei- bis fünffach höheren Konzentration vorliegen [42].

2.3.5. Gewöhnung an Geruchsreize

Bei einer länger andauernden Konfrontation mit einem olfaktorischen Stimulus steigt die Wahrnehmungsschwelle für diesen Reiz an und die Empfindungsstärke sinkt. Dieser Effekt ist als Adaptation bekannt. In Abhängigkeit von Konzentration und Struktur des Riechstoffs setzt die Ermüdung des Rezeptorsystems innerhalb von zehn Sekunden ein, wobei auch hier starke interindividuelle Schwankungen bemerkt wurden. Zudem spielt die Aufmerksamkeit, mit der wir Gerüche wahrnehmen, eine große Rolle. An uninteressante Gerüche gewöhnen wir uns wohl schneller als an solche, die wir bewusst einatmen, wie zum Beispiel den Duft eines Parfüms [52].

Auch auf Geruchsreize, denen wir im täglichen Leben häufig und immer wieder ausgesetzt sind, reagieren wir mit einer verminderten Empfindlichkeit. Hier spricht man von Habituation. Diese ist auf verminderte Aufmerksamkeit zurückzuführen und bewirkt, dass wir neuen Gerüchen mehr Aufmerksamkeit schenken als altbekannten. So ist es dem Organismus möglich, neue Informationen zu registrieren und Reizveränderungen wahrzunehmen [52].

2.3.6. Perzeption von Geruchsmischungen

In der Regel ist der Mensch nur in Ausnahmefällen mit Einzelriechstoffen konfrontiert. Im Alltag dominieren komplexe Geruchsreize in relativ hohen Konzentrationen, die uns ein Gesamtbild der Umwelt liefern [42]. Diese komplexen Mischungen, wie beispielsweise Schokolade oder Kaffee, werden allerdings als Gesamtheit wahrgenommen. Die Einzelkomponenten können üblicherweise nicht mehr identifiziert werden [38].

Die Wahrnehmung von Geruchsmischungen hängt von vielen Faktoren, wie der Komplexität des Gemisches, der relativen Intensität der Duftstoffe und deren chemischer Strukturen oder der Interaktion mit dem trigeminalen System, ab [32].

Bei einem binären Gemisch mit niedrigen Konzentrationen sind die Einzelkomponenten oft noch differenzierbar. Mit steigender Anzahl an Duftstoffen nimmt dann die Wahrscheinlichkeit einer Identifizierung der Einzelstoffe immer mehr ab [42]. In einigen Studien konnte gezeigt werden, dass es selbst für „geübte“ menschliche Nasen nicht möglich ist, mehr als drei oder maximal vier Einzelsubstanzen in einer komplexen Mischung zu unterscheiden [38].

Komplexe Gerüche stimmen in Intensität und Qualität mit ihren Ausgangsverbindungen nicht zwingend überein. Zwei Düfte können synergistische Effekte auf die Reizstärke ausüben, sich also addieren, aber auch gegenseitig neutralisieren [52]. Für Buttersäure beispielsweise konnte

eine Verstärkung durch Isovaleriansäure gezeigt werden [42], ein großer Zweig der Duftstoffindustrie hingegen lebt von der Maskierung schlechter Gerüche. Man denke nur an die Palette an Deodorants und Toilettensprays [52].

Eine Mischung liefert oft einen vollkommen anderen qualitativen Eindruck als die Substanzen, aus denen sie besteht und wird, wie bereits erwähnt, als homogener Geruch wahrgenommen [32]. Die Einzelkomponenten verlieren dabei oft ihren typischen Geruch.

Studien lassen vermuten, dass Mischungen aus Duftstoffen mit ähnlicher chemischer Struktur ein anderes Geruchsprofil zeigen als die einzelnen Komponenten, während man bei unterschiedlichen Strukturen der jeweiligen Ausgangsverbindungen diese eher differenzieren kann [32]. In einem Experiment von *Kay et al.* [32] konnte gezeigt werden, dass sich eine binäre Mischung, deren Komponenten denselben Rezeptor aktivieren, in der Geruchsqualität stark von den Einzelverbindungen unterscheidet. So konnten Ratten, die darauf trainiert wurden, eine Mischung aus Citronellal und Octanal (beide starke Agonisten eines bestimmten olfaktorischen Rezeptors) in unterschiedlichen Konzentrationen zu erkennen, die Einzelkomponenten kaum identifizieren. In einer Mischung aus Citral (einem partiellen Agonisten bzw. Inhibitor dieses Rezeptors) und Octanal hingegen erkannten die Versuchstiere eine oder auch beide Komponenten in vielen unterschiedlichen Mischungsverhältnissen.

Weiters deuten einige Studien darauf hin, dass Geruchsstoffe in Mischungen selbst in einer Konzentration, die unter dem Schwellenwert liegt, einen Einfluss auf die Intensität und Qualität der gesamten Mischung ausüben können [38]. In einem Experiment von *Le Berre et al.* [37] wurde der Geruch einer Ananas anhand der Substanzen Ethylisobutyrat, Ethylmaltol und Allyl- α -Ionon dargestellt und die Konzentrationen der Einzelsubstanzen nur geringfügig verändert. Die Ergebnisse bestätigten die Vermutung – selbst eine minimale Veränderung nur einer Komponente verminderte den typischen

Geruchseindruck der Mischung. Trotz interindividueller Unterschiede in der Wahrnehmung von Gerüchen sind die exakten Mischungsverhältnisse der einzelnen Substanzen also von enormer Bedeutung. Diese Fähigkeit auf minimalste Veränderung zu reagieren kann auch erklären, warum wir in der Lage sind, zwischen den unterschiedlichen Reifestadien einer Frucht zu differenzieren [38].

Viele komplexe Gerüche beinhalten sowohl angenehme als auch unangenehme Geruchskomponenten. Eine geringe Menge der übel riechenden Verbindung muss dabei den positiven Eindruck der Geruchsmischung nicht unbedingt vermindern, sondern kann sogar zu einer Verstärkung der angenehmen Empfindung führen. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist der Jasminduft, der auch eine niedrige Konzentration an Indol enthält – eine Komponente, die als Einzelverbindung eher gemieden wird, da sie an den Geruch menschlicher Exkremente erinnert [26]. In dieser Studie von *Rolls et al.* [26], in der der Jasminduft als Beispiel herangezogen wurde, hat man weiters festgestellt, dass die angenehmen und unangenehmen Komponenten von positiv bewerteten Mischungen im Gehirn gleichzeitig getrennt von einander repräsentiert werden können.

Meist wird betreffend die Hedonik aber eine Mittelstellung zwischen den Einzelkomponenten eingenommen. Dies konnte in Untersuchungen von *Lapid et al.* [37] anhand binärer Mischungen gezeigt werden. Dabei wurden drei angenehm riechende Verbindungen (L-Carvon, Linalool, Phenylethylalkohol) und drei unangenehme (Valeriansäure, Isovaleriansäure und Buttersäure) gewählt und drei Arten von Mischungen erzeugt, nämlich angenehm – angenehm (L-Carvon und Linalool), unangenehm – unangenehm (Valeriansäure und Isovaleriansäure) und angenehm – unangenehm (L-Carvon und Valeriansäure). Weiters bestätigte die Studie, dass die relative Intensität der einzelnen Komponenten einen entscheidenden Beitrag dazu leistet, wie angenehm die Mischung in ihrer Gesamtheit empfunden wird [37].

Dennoch kann nicht angenommen werden, dass die Hedonik immer direkt mit der Intensität korreliert. Es wurde beobachtet, dass viele unangenehme Gerüche mit steigender Intensität immer unangenehmer werden, viele angenehme hingegen werden nur mäßig angenehmer bis sie ein Plateau erreichen [37].

Trotz diverser aufschlussreicher Studien besteht nach wie vor erhöhter Forschungsbedarf, um die Abläufe der Wahrnehmung komplexer Geruchsmischungen vollständig verstehen zu können.

2.4. Zusammenhang zwischen Geruch und Gefühlswelt

Im Vergleich zu den anderen Sinnen, wie Hören und Sehen, wird den chemischen Sinnen ein stärkerer und direkterer Einfluss auf Emotionen nachgesagt [58]. Der Grund dafür liegt unter anderem in der Anatomie:

Im Gegensatz zu optischen oder akustischen Reizen werden Geruchseindrücke, die an der Nasenschleimhaut entstehen, ohne weitere Schaltstellen in den Riechkolben geleitet und von dort aus über den einzigen synaptischen Kontakt mit Gehirnzellen, den Mitralzellen, zum primären Riechhirn [35]. Olfaktorische Reize sind daher relativ unabhängig von höheren Verarbeitungsprozessen [52].

Geruchsreize stehen außerdem in unmittelbarem Kontakt mit dem limbischen System, zu dem neben Teilen des Riechhirns mit dem Bulbus olfactorius auch der Hypothalamus und Hippocampus, der Gyrus parahippocampalis, der Gyrus cinguli und die Mandelkerne (lat. nuclei amygdalae) gehören [55, 58].

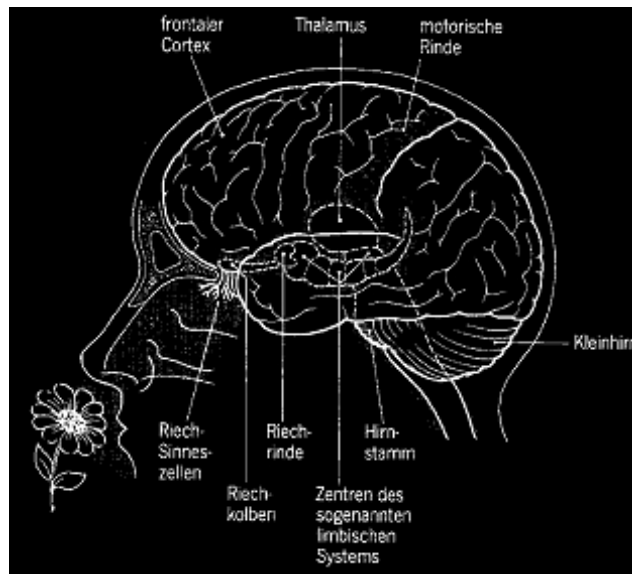


Abbildung 5: Anatomischer Aufbau des Riechsystems und die Verbindungen zu wesentlichen verarbeitenden Teilen des übrigen Gehirns [5]

Das limbische System ist der phylogenetisch älteste Teil des Zentralnervensystems. Es dient der emotionalen Bewertung von Erlebnissen und Gedächtnisprozessen, steuert das affektive Verhalten sowie Instinkte und Triebe und ist verantwortlich für das Auslösen von Lust und Ekel [55, 42].

Duftstoffe werden selten neutral bewertet, sie stoßen entweder auf Akzeptanz oder Ablehnung [42]. Da die Analyse von Nahrungsmitteln und die Partnersuche auch vom Geruchssinn abhängen, ist eine blitzartige Bewertung von Geruchsreizen im Gegensatz zu anderen emotionalen Reaktionen biologisch sinnvoll [52]. Die Bewertung eines Duftstoffes hängt vom Bekanntheitsgrad des Geruchseindrucks und auch von der Reizintensität ab und unterliegt daher dem subjektiven Empfinden [42]. Psychologen konnten auch zeigen, dass Düfte emotionale Erinnerungen wieder ins Gedächtnis rufen können [58]. Geruchseindrücke werden vor allem dann gespeichert, wenn sie mit bedeutenden Ereignissen in Verbindung gebracht werden [42]. Gerüche führen eher zu einer Änderung der Stimmungslage als zur Auslösung von Gefühlsregungen wie Furcht oder Freude. Dazu sind durch Geruchsreize hervorgerufene Kognitionen, wie eben das Aktivieren von Erinnerungsbildern, notwendig. So kann ein Geruch, der an ein positives Ereignis erinnert,

umgekehrt auch eine positive Emotion auslösen. Diese Art der Speicherung und Zuordnung von Gerüchen bezeichnet man auch als Proust'schen Effekt [52, 42].

Eine Ausnahmestellung nimmt das Gefühl des Ekels ein. Unabhängig davon, ob Gerüche bekannt und mit bestimmten Informationen verknüpft sind, reagieren wir auf extrem unangenehme Gerüche mit Abstoßung und versuchen sie zu meiden, was auch in der Körpersprache durch Nasenrümpfen zum Ausdruck kommt. Diese Reaktion dient dem Schutz vor verdorbenen Nahrungsmitteln und giftigen Dämpfen und der Erkennung unhygienischer Verhältnisse [52].

2.5. Interviews

Um die Gerüche zu ermitteln, die im Zuge dieser Arbeit auf ihre character impact compounds eingeschränkt werden sollten, wurden bereits im Vorfeld 50 Probanden, die in Wien heimisch sind, interviewt. Sie wurden befragt, welche Geruchseindrücke sie mit den sechs Basisemotionen Glück, Überraschung, Ekel, Wut, Angst und Trauer assoziieren.

Für die jeweiligen Gefühlsregungen wurden zum Teil sehr unterschiedliche Gerüche genannt. Dennoch wurden viele Geruchseindrücke klar entweder mit positiven (z.B. Blütenduft, Sommerluft) oder negativen (z.B. Fäkalgerüche) Gefühlen in Verbindung gebracht. Andere hingegen (z.B. Zigarettenrauch, Kaffee) wurden sowohl mit positiven als auch negativen Gefühlslagen konnotiert.

Folgende zwölf in den Interviews häufig angeführte Gerüche wurden letztendlich ausgewählt:

- Moder
- Weihrauch
- Desinfektionsmittel
- Urin
- Erbrochenes
- Jasmin
- Kaffee
- Verbranntes
- Kerzen (Bienenwachs)
- Warme Sommerluft
- Feuchte Luft (Regen/Nebel)
- Computer (elektrisch)

2.5.1. Ausgewählte Düfte

2.5.1.1. *Moder*

Moder ist eine Form von Humus, die durch einen typischen Geruch gekennzeichnet ist. Unter Humus wird die Gesamtheit an abgestorbener und ganz oder teilweise zersetzter tierischer oder pflanzlicher Substanz des Erdbodens verstanden. Humus ist einem ständigen Um-, Auf- und Abbau unterworfen, der als Humifizierung bezeichnet wird. Die organischen Bestandteile des Bodens sind von großer Bedeutung für die Fruchtbarkeit und liefern Nährstoffe wie Stickstoff und Phosphor. Je nach Zersetzungsgrad, der von der Vegetation und den Lebensbedingungen der Bodenorganismen abhängt, unterscheidet man neben Moder auch noch weitere Humusformen, nämlich Rohhumus und Mull. Moder nimmt dabei eine Zwischenstellung zwischen dem hochwertigen Mull und dem nährstoffarmen Rohhumus ein. Oft wird Moder, der aus teilweise zersetzten, braun gefärbten Pflanzenresten, Mineralteilchen und Exkrementen von Bodenkleintieren besteht, mit Fäulnis und Schimmel assoziiert [10].

2.5.1.2. *Weihrauch*

Als Olibanum oder echten Weihrauch bezeichnet man die zu Harz erstarrten Emulsionen, die durch das Einschneiden der Rinden von *Boswellia carteri* Birdw. (Burseraceae), dem echten Weihrauchbaum, entstehen [44, 45]. Dieser strauchartige Baum ist vor allem in Arabien und Somalia beheimatet [46]. Neben dem echten Weihrauchbaum können auch viele andere Arten der Gattung *Boswellia* zur Gewinnung von Harz herangezogen werden. *Boswellia serrata* beispielsweise liefert den indischen Weihrauch (Abb.6) [45].

Beim Ritzen der Baumstämme tritt Milchsaft aus der sekundären Rinde aus, erhärtet an der Luft zu einem bernsteinfarbenen Harz und kann dann als Weihrauchtropfen oder auch -tränen abgesammelt werden. Als echtes Gummiharz enthält Olibanum neben Harz und ätherischem Öl auch einen

Polysaccharidanteil, weitere Inhaltsstoffe sind Boswelliasäuren, Bitterstoffe und Schleim [45, 46].



Abbildung 6: indischer Weihrauch [4]

Die Gewinnung des ätherischen Weihrauchöls erfolgt durch Wasserdampfdestillation, wobei die Ausbeute zwischen 5 und 9 % beträgt. Das Öl besteht zu einem Großteil aus Mono- und Sesquiterpenen, Di- und Triterpene sind ebenfalls enthalten [45]. Je nach Sorte setzt sich das ätherische Öl aus Pinen, Limonen, Cadinen, Borneol, Dipenten, Camphen, Verbenon und Verbenol, Phellandren, Olibanol u.a. zusammen und findet in der Parfümerie aufgrund der ausgeprägten balsamartigen Geruchseigenschaften und der fixierenden Wirkung Anwendung [46, 44].

Olibanum ist seit über 4000 Jahren ein begehrtes Handelsgut und wurde im Altertum über die berühmte Weihrauchstraße zwischen Indien und Ägypten transportiert [46]. In der Antike galt Weihrauch neben anderen Harzen wie Myrrhe als kultisch und ökonomisch wichtigstes Räucherwerk. Bei rituellen Zeremonien wurde das Harz zu Ehren der Götter geräuchert und als Symbol der Heiligkeit gehandhabt. Später wurde Olibanum auch durch den Gebrauch in katholischen Kirchen in Mitteleuropa bekannt. Neben der Verwendung als Rauchopfer dienen das Harz und das ätherische Öl aufgrund der erwärmenden, desinfizierenden und adstringierenden Wirkung, die dem Weihrauch nachgesagt wird, zur Behandlung verschiedenster Krankheiten [45, 46].

Auch heute noch wird Olibanum vielseitig verwendet. In der westlichen Medizin gewinnt das ätherische Öl in der Aromatherapie an Bedeutung und ein Extrakt aus *Boswellia serrata* wird erfolgreich zur Therapie der rheumatischen Arthritis eingesetzt. Zudem soll Weihrauch eine berauschende, euphorisierende und stimmungsaufhellende Wirkung besitzen. Dass beim Räuchern THC (Tetrahydrocannabinol) entstehe, wie in den Medien und der Literatur teilweise angegeben, konnte bisher allerdings nicht nachgewiesen werden [46].

Weihrauch ist käuflich frei erwerbbar, wobei das Harz je nach Herkunft unter den Qualitätsbezeichnungen „Aden“ oder „Eritrea“ gehandelt wird [44, 46].

2.5.1.3. Desinfektionsmittel

Laut Hunnius, pharmazeutisches Wörterbuch, ist Desinfektion als *„Maßnahme, die durch Abtöten, Inaktivieren od. Entfernen von Mikroorganismen (Bakterien, Viren, Pilze, Protozoen) eine Reduzierung der Keimzahl um mind. 5 Zehnerpotenzen erreicht, damit von dem desinfizierten Material keine Infektion mehr ausgehen kann“* definiert [3].

Wichtige Stoffgruppen, die als Desinfektionsmittel eingesetzt werden, sind:

- Aldehyde wie Formaldehyd und Glutaraldehyd, die sich durch ein breites Wirkungsspektrum auszeichnen.
- Phenol und seine Derivate (Bsp. 4-Chlor-m-kresol, 2-Biphenol) mit dem Nachteil des typischen Aromatengeruchs.
- Alkohole (Ethanol, 1-Propanol, 2-Propanol), die zwar schnell, aber erst in hoher Konzentration wirksam sind.
- Quartäre Ammoniumverbindungen und Amphotenside (Beispiele: Benzalkoniumchlorid, Cetylpyridiniumchlorid) sind gut hautverträglich und geruchsneutral und werden daher trotz begrenzter Wirksamkeit gerne angewendet.
- Chlor- und Iodverbindungen haben sich mit Ausnahme der Iodtinktur für die Wundbehandlung wegen des Geruchs und der Korrosivität im Humanbereich nicht gut durchgesetzt. Aufgrund der hervorragenden

Wirkung finden sie als technische Desinfektionsmittel vielseitig Verwendung. Chlor wird für die Trinkwasseraufbereitung und Schwimmbaddesinfektion eingesetzt.

- Peroxide und Persäuren entfalten ihre Wirkung als Oxidationsmittel.
- Anorganische und organische Säuren wie Salzsäure, Zitronensäure oder Essigsäure kommen im Lebensmittelbereich zum Einsatz.

[3, 23]

2.5.1.4. *Urin*

Urin oder Harn entsteht in der Niere und wird als flüssiges Ausscheidungsprodukt des Menschen durch die Harnwege abgesondert. Die Feststofffraktion (60 g/L Harn) setzt sich zu einem großen Teil aus Harnstoff zusammen, weiters sind Kreatinin, Aminosäuren, Harnsäure, Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Oxalat, Citrat, Lactat, Abbauprodukte von Steroidhormonen und Gallenfarbstoffe enthalten.

Viele Krankheiten können die Zusammensetzung des Harns beeinflussen, beispielsweise tritt bei einer Diabetes mellitus-Erkrankung Glucose im Urin auf. Der Harndiagnostik kommt daher eine große Bedeutung zu [3].

2.5.1.5. *Jasmin*

Spanischer Jasmin (*Jasminum grandiflorum*) (Abb.7) zählt zur Familie der Ölbaumgewächse (Oleaceae) und stammt ursprünglich aus den Tälern des Himalajagebietes. Durch die Mauren wurde der Strauch in Spanien bekannt und verbreitete sich von dort aus im 16. Jahrhundert über das gesamte Mittelmeergebiet [48, 43]. Bei uns gedeiht der Zierstrauch als Zimmerpflanze oder in Gewächshäusern und trägt von Juni bis September die typischen weißen Blüten. Die Kultivierung, erstmals ab 1860 in der französischen Parfümerie-Stadt Grasse in großem Maßstab betrieben, erfolgt durch Aufpfropfen auf *Jasminum officinale*, den wild wachsenden Jasmin [48, 43].



Abbildung 7: *Jasminum grandiflorum* [7]

Die Duftstoffe der Blüten müssen durch Enfleurage extrahiert werden – ein sehr aufwändiger Prozess, der den stolzen Preis von Iris Absolue erklärt. Aus 1000 kg handgepflückten Blüten gewinnt man durchschnittlich 1 kg absolutes Öl [43].

Jasminduftstoffe werden heute in der Parfümerie vielseitig eingesetzt. Selbst mit kleinen Mengen kann man ausgezeichnete Ergebnisse erzielen [48].

2.5.1.6. Kaffee

Kaffee ist für viele Menschen fixer Bestandteil des Alltags. Der pro-Kopf-Verbrauch, bezogen auf Grünkaffeebasis, beträgt pro Jahr in Österreich laut österreichischem Kaffee- und Teeverband rund 8 kg (Wert aus dem Jahr 2007), das entspricht rund 2.6 Tassen pro Tag. Damit gehört Kaffee neben Mineralwasser und Bier zu den meist konsumierten Getränken überhaupt [8, 9]. Nach Erdöl ist Kaffee mittlerweile das zweitwichtigste Welthandelsprodukt und wird aus Produktionsländern wie Brasilien, Kolumbien oder Vietnam in großen Mengen importiert [23].

Kaffee ist aber nicht nur Genussmittel, sondern wird auch als Muntermacher hoch geschätzt. Verantwortlich für die stimulierende Wirkung ist der Inhaltsstoff Coffein, von dem in einer Tasse Kaffee zwischen 50 und 100 mg enthalten sind [21]. Dem Xanthinderivat Coffein schreibt man außerdem viele weitere günstige Wirkungen wie die Förderung von Glykogenolyse und Lipolyse oder die

Linderung von vasomotorischem Kopfschmerz durch Kontraktion der Hirngefäße zu [41].

Als Kaffeebohnen, die zur Zubereitung des Getränkes benutzt werden, bezeichnet man die Samen von Pflanzen der Gattung *Coffea*, die aus der Frucht- und Samenschale weitgehend gelöst wurden. Der Kaffeebaum zählt zur Familie der Rubiaceae und stammt ursprünglich aus dem äthiopischen Hochland [16].

Für den normalen Gebrauch werden aus den über 70 *Coffea*-Arten vor allem *Coffea arabica* mit einem Anteil von rund 75 % an der Welterzeugung und *Coffea canephora* (25 %) eingesetzt. Die Varietäten von *Coffea canephora* sind als Robusta-Kaffee bekannt [16].

2.5.1.7. Verbranntes

Generell bezeichnet Verbrennung immer eine exotherme Reaktion unter der Beteiligung von Sauerstoff. Bei der Verbrennung von organischen Verbindungen entsteht stets Kohlendioxid und Wasser. Daneben treten bei einem Brand immer auch Schadstoffe auf, die meist gasförmig sind und von den Brandbedingungen und dem betroffenen Material abhängen. Zum Beispiel kann es zur Bildung von Kohlenmonoxid, Ruß oder Blausäure kommen. Bei der Verbrennung von Holz oder Kohle werden kanzerogene, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) frei, die auch in geräucherten Lebensmitteln enthalten sein können [16, 53]. Je nachdem, was dem Brand zum Opfer fällt, entstehen also – wie erwähnt – unterschiedlichste, zum Großteil gesundheitsbedenkliche Verbindungen.

2.5.1.8. Kerzen

Typische Kerzen bestehen aus Paraffin, Stearin, Talg, Wachs oder ähnlichen Brennstoffen, die bei rund 60° Celsius erweichen. Die Kerzenmasse, die sich meist zu zwei Dritteln aus Paraffin und einem Drittel Stearin zusammensetzt, umgibt dabei einen geflochtenen Baumwollfaden, den Docht. Kerzen werden

heute meist in Gießmaschinen gegossen, teilweise aber auch noch von Hand gezogen [39].

Wie bereits erwähnt, zählen Stearin, Paraffin und Bienenwachs zu den wichtigsten Rohstoffen für die Kerzenherstellung. Paraffin besteht aus einem Gemisch von gesättigten Kohlenwasserstoffen von wachsartiger Konsistenz und wird vorwiegend aus Rückständen der Erdöldestillation gewonnen [3]. Stearin setzt sich hauptsächlich aus Palmitin- und Stearinsäure zusammen. Als Rohstoffe für die Herstellung werden tierische Fette (z.B. Rinder- und Schweinetalg) und pflanzliche Öle, vor allem das Palmöl, verwendet. Heute überwiegt der Einsatz pflanzlicher Stearine [39]. Bienenwachs, einer der ältesten Kerzenrohstoffe, wird als Ausscheidungsprodukt aus den Drüsen der Honigbiene zum Wabenbau genutzt. Das auch heute noch sehr bedeutende Wachs tierischen Ursprungs besteht aus einer Mischung von Wachsestern (Myricin), Fettsäuren, Hydroxyfettsäuren und Kohlenwasserstoffen [23].

3 METHODENTEIL

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen einer Untersuchung zum Einfluss von Gerüchen auf menschliche Emotionen, die zeigen soll, dass bestimmte olfaktorische Reize aus der Umwelt in der Lage sind, sowohl positive als auch negative Gefühle auszulösen, und ist Teil des interdisziplinären Forschungsprojekts „Haptic and Olfactory Design. Resources for Vienna’s Creative Industries“, das vom Wiener Wissenschafts- und Technologiefonds (WWTF) gefördert wird.

Der Aufgabenbereich dieser Arbeit belief sich dabei auf die Reduktion der chemischen Komplexität von Geruchseindrücken. Es sollten für jeden Geruch maximal drei Komponenten ausgewählt werden, die den Geruchseindruck maßgeblich bestimmen. Dazu wurde einerseits eine intensive Literatursuche durchgeführt, andererseits stand auch ein Experten-Panel zur Verfügung, das zusätzlich Anregungen und Ratschläge erteilte.

Anschließend wurden Verdünnungen beziehungsweise Mischungen dieser Substanzen angefertigt, die den jeweiligen Geruch imitieren sollen. Eine Beurteilung des Geruchs der fertigen Mischungen erfolgte durch Befragung von 10 Testpersonen.

3.1. Literaturrecherche

Um für die 12 Gerüche, die im Vorfeld anhand von Interviews ausgewählt wurden (siehe Allgemeiner Teil: 2.5. Interviews, Seite 22), die entsprechenden chemischen Substanzen zu ermitteln, die für das Aroma ausschlaggebend sind, wurden die wissenschaftlichen Datenbanken PubMed und Scifinder herangezogen. Zur Suche wurden Schlagwörter wie earthy, musty odor, aroma coffee, odor mixtures, (artificial) jasmine, smell urine benutzt.

Erfolgreich war die Suche hier vor allem für Geruchsstoffe, die auch in der Lebensmittelindustrie oder Parfumindustrie Verwendung finden (z.B. Kaffee, Jasmin) beziehungsweise als Störfaktoren (z.B. Moder) auftreten.

Hilfreich waren auch diverse Nachschlagewerke wie der „Atlas of Odor Character Profiles“ [22], in dem die Geruchsqualitäten vieler Verbindungen aufgelistet sind, oder „Common Fragrance and Flavor Materials“ [13], das die gängigen Verbindungen der Duftstoffindustrie beinhaltet. Auch „Duftpflanzen – Pflanzendüfte“ [48] und „Riechstoffe und Geruchssinn“ [44] enthielten wertvolle Information für den genannten Zweck. Weiters fanden das „Lehrbuch der Lebensmittelchemie“ [16] und das „Römpf Lexikon – Lebensmittelchemie“ [23] Verwendung. Einige Internetseiten wie www.flavornet.com [1], www.sigmaaldrich.com [50] oder www.thegoodscentscompany.com [54] dienten ebenfalls als wichtige Quellen und als Bestätigung für die bereits vermuteten character impact compounds.

Leider erwies sich die Literatursuche nicht für alle 12 Gerüche als erfolgreich. Probleme traten vor allem bei jenen Düften auf, die für die Riechstoffindustrie wenig Bedeutung besitzen, beziehungsweise bei jenen, die nicht genau definierbar sind und auf sehr subjektiven Eindrücken basieren (zum Beispiel: warme Sommerluft, feuchte Luft). Für sehr komplexe Gerüche wie Kaffee oder Weihrauch ist auf der anderen Seite ein Einschränken auf so wenige Verbindungen äußerst schwierig. Computer wiederum wird nicht unbedingt von jedermann mit Geruch assoziiert. An dieser Stelle sollte nun die fachmännische Meinung des Panels Hilfestellung leisten.

3.2. Befragung der Experten

Sieben Personen, die im Bereich der sensorischen Analyse tätig sind oder deren Berufsausübung in Kontext mit dem Gebiet der Riechstoffchemie steht oder stand, wurde der Ablauf und das Ziel des Projekts per E-Mail erklärt. Diese Experten wurden um eventuelle Vorschläge für die noch fehlenden Verbindungen und Alternativen für bereits ermittelte Schlüsselverbindungen gebeten.

Durch diverse Gespräche mit den zu Rate gezogenen Experten konnten einerseits bereits per Literatursuche ermittelte character impact compounds bestätigt werden, andererseits wurde von weniger geeigneten Stoffen abgeraten. Weiters konnte das Panel für Gerüche, bei denen die Literatursuche unbefriedigend verlief (z.B. Computer, warme Sommerluft), neue Vorschläge einbringen. Einigkeit herrschte unter den Experten in dem Punkt, dass es schwierig sei, vor allem die komplexen Gerüche von Kaffee und Weihrauch auf so wenige Verbindungen zu reduzieren und dass Gerüche wie „warme Sommerluft“ oder „feuchte Luft“ von interindividuellen Assoziationen abhängen und daher zahlreiche Möglichkeiten bestehen, diese Gerüche darzustellen.

3.3. Verwendetes Material

Folgende Materialien wurden für die Mischungen und die Befragung der Testpersonen benötigt:

- Latexuntersuchungshandschuhe – leicht gepudert, Größe S, Fine Touch
- Pasteurpipetten & Stopfen
- Mikroliterpipetten & Kunststoffpipettenspitzen
- 50 ml Bechergläser

- 10 ml Messkolben NS 12/21 mit Glas- bzw. Kunststoffstopfen, Witeg, Duran Germany
- 5 ml Messkolben NS 10/19 mit Glas- bzw. Kunststoffstopfen, Witeg, Duran Germany
- 25 ml Braunglasgefäße mit Weithals und Kunststoffschraubverschluss
- Duftstreifen, Primavera Life GmbH
- Lösungsmittel:
 - Ethanol 96 %
 - Propylenglykol puriss. p.a. ACS, ≥ 99.5 % (GC), Fluka
 - Paraffin (low viscosity), Fluka

Für „Desinfektionsmittel“:

2-Propanol puriss., Sigma Aldrich

Phenol (lose Kristalle), Sigma Aldrich

Für „Computer“:

Diethylphthalat (DEP) 99.5 %, Aldrich Chemistry

2-Propanol puriss., Sigma Aldrich

2-Methoxy-3,(5 od. 6)-isopropylpyrazin ≥ 98 %, SAFC

($\pm$)-Geosmin minimum 98 %, ~ 2 mg/ml in Methanol, Sigma Life Science

Für „Kerzenduft“:

Phenyllessigsäuremethylester, Kurt Kitzing

Phenylacetaldehyd > 90 %, FCC, FG, SAFC

cis-6-Nonenal ≥ 92 %, FG, SAFC

Für „warme Sommerluft“:

Iris Absolve

cis-3-Hexen-1-ol ≥ 98 % natural, FCC, FG, SAFC

Coumarin, Sigma Aldrich

(1R) - (+)- α -Pinen GC 98 %, Aldrich

Für „Verbranntes“:

Guajacol purum $\geq 98\%$ (GC), Fluka Analytical

Diethylsulfid 98 %, SAFC

4-Vinylphenol 10 wt % solution in propylene glycol, FG, SAFC

Für „Jasmin“:

Benzylacetat $\geq 99\%$, FCC, FG, SAFC

cis-Jasmon $\geq 85\%$, FG, SAFC

Linalool, Fluka

Methyljasmonat 95 %, Sigma Aldrich

Indol 99 + %, Sigma Aldrich

Für „feuchte Luft“:

Iris Absolue, Kurt Kitzing

2-Methoxy-3,(5 od. 6)-isopropylpyrazin $\geq 98\%$, SAFC

($\pm$)-Geosmin minimum 98 %, ~ 2 mg/ml in Methanol, Sigma Life Science

Buttersäure $\geq 98\%$, Aldrich Chemistry

Für „Moder“:

2-Methoxy-3,(5 od. 6)-isopropylpyrazin $\geq 98\%$, SAFC

($\pm$)-Geosmin minimum 98 %, ~ 2 mg/ml in Methanol, Sigma Life Science

Für „Erbrochenes“:

Buttersäure $\geq 98\%$, Aldrich Chemistry

Isovaleriansäure puriss. $\geq 98.5\%$ (GC), Fluka Analytical

Salzsäure 36 %

Für „Weihrauch“:

Ätherisches Öl – Weihrauch arabisch 100 % naturrein, Primavera Life GmbH

Für „Urin“:

5 α -Androst-16-en-3-on, Sigma

Ammoniumhydroxidlösung, Fluka

Für „Kaffee“:

Furfurylmercaptan ≥ 95 %, FG, SAFC

3.4. Herstellung der Mischungen

Auf Basis der Ergebnisse aus Literatursuche und Befragung des Panels (siehe 4.1, S. 48) wurden die entsprechenden Substanzen (siehe oben) größtenteils über die Fa. Sigma Aldrich besorgt. Da manche der benötigten Stoffe sehr kostspielig sind, standen zum Teil nur sehr geringe Mengen zur Verfügung, die einen sorgfältigen Umgang und gezielten Einsatz erforderten. Schwellenwerte, die zum Großteil von der Homepage der „The Good Scent Company“ entnommen wurden, waren sehr nützlich bezüglich der Einschätzung der Intensität. Weiters diente der „Atlas of Odor Character Profiles“ [22], in dem für jede Verbindung die Konzentration angegeben ist, bei der die beschriebenen Geruchsqualitäten auftreten, als Orientierungshilfe. Teilweise wies auch das Panel auf Verbindungen mit sehr niedrigen Entdeckungsschwellen hin. Um Verdünnungen beziehungsweise Mischungen der diversen Komponenten anfertigen zu können, musste zuvor das jeweils geeignete Lösungsmittel eruiert werden. Dieses sollte nach Möglichkeit geruchlos sein beziehungsweise schnell verdampfen und nicht toxisch sein. Unter Berücksichtigung dieser Kriterien kamen Ethanol 96 % (EtOH 96 %), Propylenglykol (PG) und flüssiges Paraffin in Frage.

Anschließend wurde versucht, möglichst authentische Imitationen der 12 ausgewählten Düfte herzustellen. Hierzu orientierte man sich bezüglich Konzentration und Mischungsverhältnis großteils an den zuvor gewonnen Informationen aus Studien, Nachschlagewerken und Beratungsgesprächen mit

dem Experten-Panel. Vor allem bei jenen Gerüchen, für die sich auch schon die Literatursuche als schwierig erwies (z.B. warme Sommerluft), wurde teilweise auch nach dem Trial and Error-Prinzip gearbeitet. Die jeweiligen character impact compounds wurden in verschiedenen Konzentrationen und Verhältnissen in 10 beziehungsweise 5 ml Messkolben gemischt, wobei stets Handschuhe getragen wurden. Der Raum musste in regelmäßigen Abständen durchgelüftet werden und Pausen eingelegt werden, um eine Übersättigung des Raumes, beziehungsweise eine Überlagerung der diversen Duftstoffe zu vermeiden.

Immer wieder wurden Geruchstests durchgeführt, die unter zu Hilfenahme von Duftstreifen erfolgten. Auf diese Weise wurde die für den jeweiligen Geruch überzeugendste Mischung mehrerer Komponenten, beziehungsweise die Verdünnung einer Einzelsubstanz ausgewählt, in 25 ml Braunglasfläschchen abgefüllt und beschriftet. Die temperaturempfindlichen Mischungen (jene mit Geosmin als Komponente) wurden im Kühlschrank aufbewahrt, die restlichen unter dem Abzug.

Folgende Verdünnungen, beziehungsweise Mischungen (Tab. 2–13) wurden für die einzelnen 12 Gerüche hergestellt, aus denen letztendlich die beste hinsichtlich Geruchsqualität und Intensität ausgewählt wurde. Bevor eine Auswahl getroffen wurde, wurden alle Kompositionen einige Tage stehen gelassen, um zu überprüfen, ob sich die Geruchsqualität verändert und die Intensität abnimmt. Mischungen mit Propylenglykol als Lösungsmittel, das sich in Bezug auf die bereits erwähnten Kriterien als das am besten geeignete erwies, wurden bevorzugt.

Desinfektionsmittel

Versuch Nr.	Verwendete Substanz/Verdünnung
1	Isopropanol:EtOH 96 % – 1:5
3	Phenol:EtOH 96 % – 1:100
4	Isopropanol:PG – 1:1
5	1 Teil Phenol:EtOH 96 % – 1:1 9 Teile Isopropanol:EtOH 96 % – 1:1

Tabelle 2: Versuche – Desinfektionsmittel**Computer**

Versuch Nr.	Verwendete Substanz/Verdünnung
1	Diethylphthalat pur
2	Isopropanol:Diethylphthalat – 1:1000
3	1 Teil Isopropanol:EtOH 96 % – 1:1000 1 Teil Methoxyisopropylpyrazin:EtOH 96 % – 1: 1000 8 Teile Diethylphthalat
4	2 Teile Geosmin:MeOH/EtOH 96 % – 1:50000 1 Teil Isopropanol:EtOH 96 % – 1:1000 7 Teile Diethylphthalat

Tabelle 3: Versuche – Computer

Kerzenduft

Versuch Nr.	Verwendete Substanz/Verdünnung
1	Phenyllessigsäuremethylester:PG – 1: 500
2	Phenylacetaldehyd:PG – 1:1000
3	5 Teile Phenylacetaldehyd:PG – 1:1000 5 Teile Phenyllessigsäuremethylester:PG – 1:1000
4	5 Teile Phenylacetaldehyd:Paraffin – 1:1000 5 Teile Phenyllessigsäuremethylester:Paraffin – 1:1000
5	5 Teile Phenyllessigsäuremethylester:PG – 1:5000 5 Teile Phenylacetaldehyd:PG – 1:10000
6	cis-6-Nonenal:PG – 1:10000
7	Phenyllessigsäuremethylester:PG – 1:200
8	cis-6-Nonenal:PG – 1:10000000
9	5 Teile Phenyllessigsäuremethylester:PG – 1:200 5 Teile cis-6-Nonenal:PG – 1:10000000

Tabelle 4: Versuche – Kerzenduft

Warme Sommerluft

Versuch Nr.	Verwendete Substanz/Verdünnung
1	Iris Absolue:EtOH 96 % – 1:100
2	Iris Absolue:EtOH 96 % – 1:500
3	Iris Absolue:EtOH 96 % – 1:1000
4	Coumarin:EtOH 96 % – 1:100
5	Coumarin:EtOH 96 % – 1:200
6	Coumarin:EtOH 96 % – 1:1000
7	Hexenol:PG – 1:100
8	Hexenol:PG – 1:1000
9	Hexenol:PG – 1:5000
10	Hexenol:PG – 1:2000
11	α -Pinen:EtOH 96 % – 1:100
12	5 Teile Coumarin:EtOH 96 % – 1:1000 5 Teile α -Pinen:EtOH 96 % – 1:100
13	5 Teile Iris Absolue:EtOH 96 % – 1:500 5 Teile Hexenol:EtOH 96 % – 1:2000
14	5 Teile Iris Absolue:EtOH 96 % – 1:500 5 Teile Hexenol:EtOH 96 % – 1:1000

Tabelle 5: Versuche – warme Sommerluft

Verbranntes

Versuch Nr.	Verwendete Substanz
1	Diethylsulfid:PG – 1:100
2	Diethylsulfid:PG – 1:1000
3	Diethylsulfid:PG – 1:100000
4	Vinylphenol:PG – 1:100
5	Diethylsulfid:PG – 1:10000
6	Diethylsulfid:PG – 1:2000
7	Diethylsulfid:PG – 1:5000
8	Guajacol:PG – 1:50
9	Guajacol:PG – 1:10

Tabelle 6: Versuche – Verbranntes

Jasmin

Beim Versuch eine Mischung herzustellen, die nach Jasmin riecht, orientierte man sich an einem Artikel von *Rolls et al.* [26] beziehungsweise an „Riechstoffe und Geruchssinn“ [44].

Zuerst wurden jeweils eine 1:5 Verdünnung mit Propylenglykol von Methyljasmonat, Benzylacetat, cis-Jasmon und Linalool zubereitet, die in den Versuchen nur mit Methyljasmonat, Benzylacetat usw. bezeichnet werden.

Für Indol wurde eine 1:500 Verdünnung mit Propylenglykol hergestellt, die sich letztendlich als zu schwach erwies. Geeigneter war die 1:100 Verdünnung.

Versuch Nr.	Verwendete Substanzen/Verdünnungen
1	2 Teile Benzylacetat 1.54 Teile Methyljasmonat 2.48 Teile Linalool 0.48 Teile Jasmon 3.5 Teile PG
2	2 Teile Benzylacetat 1.54 Teile Methyljasmonat 0.48 Teile Jasmon 2 Teile Indol:PG – 1:500 3.98 Teile PG
3	3.4 Teile Benzylacetat 0.3 Teile Jasmon 0.8 Teile Linalool 5.5 Teile Indol:PG – 1:500
4	3.4 Teile Benzylacetat 0.3 Teile Jasmon 1.54 Teile Methyljasmonat 4.76 Teile Indol:PG – 1:500
5	3.4 Teile Benzylacetat 1.54 Teile Methyljasmonat 0.3 Teile Jasmon 4.76 Teile Indol:PG – 1:100
6	2 Teile Benzylacetat 1.54 Teile Methyljasmonat 0.48 Teile Jasmon 5.98 Teile Indol:PG – 1:100

Tabelle 7: Versuche – Jasmin

Feuchte Luft

Geosmin wurde bereits in einer methanolhaltigen Lösung geliefert (~ 2mg/ml) und anschließend mit EtOH 96 % weiterverdünnt. Daher wurde für Methoxyisopropylpyrazin in den Mischungen schließlich auch EtOH 96 % als Lösungsmittel verwendet.

Versuch Nr.	Verwendete Substanz/Verdünnung
1	Iris Absolve:EtOH 96 % – 1:500
2	Iris Absolve:EtOH 96 % – 1:100
3	9 Teile Iris Absolve:EtOH 96 % – 1:100 1 Teil Methoxyisopropylpyrazin:EtOH 96 % – 1:100
4	7 Teile Iris Absolve:EtOH 96 % – 1:100 3 Teile Methoxyisopropylpyrazin:EtOH 96 % – 1:100
5	8 Teile Iris Absolve:EtOH 96 % – 1:100 2 Teile Methoxyisopropylpyrazin:EtOH 96 % – 1:1000
6	7 Teile Iris Absolve:EtOH 96 % – 1:100 3 Teile Geosmin:MeOH/EtOH 96 % – 1:50000
7	3 Teile Buttersäure:PG – 1:100 7 Teile Iris Absolve:PG – 1:100
8	4 Teile Buttersäure:PG – 1:1 6 Teile Iris Absolve:PG – 1:100

Tabelle 8: Versuche – feuchte Luft

Moder

Versuch Nr.	Verwendete Substanz/Verdünnung
1	Methoxyisopropylpyrazin:PG – 1:100
2	Methoxyisopropylpyrazin:PG – 1:1000
3	Methoxyisopropylpyrazin:EtOH 96 % – 1:100
4	Methoxyisopropylpyrazin:EtOH 96 % – 1:1000
5	Geosmin:MeOH/EtOH 96 % – 1:50000
6	Geosmin:MeOH/EtOH 96 % – 1:10000
7	8 Teile Geosmin:MeOH/EtOH 96 % – 1:50000 2 Teile Methoxyisopropylpyrazin:EtOH 96 % – 1:1000
8	9 Teile Geosmin:MeOH/EtOH 96 % – 1:10000 1 Teil Methoxyisopropylpyrazin:EtOH 96 % – 1:1000

Tabelle 9: Versuche – Moder

Erbrochenes

Für die Mischungen wurden zuerst Verdünnungen von Isovalerian- und Buttersäure angefertigt, die dann in verschiedenen Verhältnissen, zum Teil auch mit HCl 36 %, gemischt wurden.

Folgende Verdünnungen wurden für die Mischungen verwendet:

- Buttersäure:PG – 1:100
- Isovaleriansäure:PG – 1:100
- Buttersäure:PG – 1:10
- Isovaleriansäure:PG – 1:10
- Isovaleriansäure:PG – 1:5
- Buttersäure:PG – 1:1
- Isovaleriansäure:PG – 1:1

Versuch Nr.	Verwendete Substanz/Verdünnung
1	1 Teil Buttersäure:PG – 1:100 9 Teile Isovaleriansäure:PG – 1:100
2	2 Teile Buttersäure:PG – 1:10 1 Teil HCl 36 % 7 Teile Isovaleriansäure:PG – 1:10
3	5 Teile Buttersäure:PG – 1:10 5 Teile Isovaleriansäure:PG – 1:5
4	2 Teile Buttersäure:PG – 1:1 2 Teile HCl 36 % 6 Teile Isovaleriansäure:PG – 1:1
5	4 Teile Buttersäure:PG – 1:1 6 Teile Isovaleriansäure:PG – 1:1

Tabelle 10: Versuche – Erbrochenes

Weihrauch

Als Lösungsmittel für das arabische Weihrauchöl wurde Ethanol 96 % verwendet, da das Öl mit Propylenglykol absolut nicht mischbar ist.

Versuch Nr.	Verwendete Substanz/Verdünnung
1	Arabisches Weihrauchöl:EtOH 96 % – 1:5
2	Arabisches Weihrauchöl:EtOH 96 % – 1:10

Tabelle 11: Versuche – Weihrauch

Urin

Da für diese Mischung nur sehr wenig Substanz zur Verfügung stand, orientierte man sich hier bezüglich Lösungsmittel und Verdünnung an Artikeln von *Boyle et al.* [19] und *Kline et al.* [34], die sich mit der Wahrnehmung von Androstenon beschäftigten. Versuch Nr. 4, der noch als intensiv genug empfunden wurde, wurde schließlich mit Ammoniak versetzt, der ebenfalls einen wichtigen Beitrag zum typischen Uringeruch leistet.

Versuch Nr.	Verwendete Substanz/Verdünnung
1	Androstenon:PG – 1:200
2	Androstenon:PG – 1:400
3	Androstenon:PG – 1:600
4	Androstenon:PG – 1:1000
5	9 Teile Androstenon:PG – 1:1000 1 Teil Ammonhydroxidlösung:PG – 1:10

Tabelle 12: Versuche – Urin

Kaffee

Da Furfurylthiol den wichtigsten Beitrag zum Kaffeearoma leistet, wurde davon abgesehen, weitere Substanzen zu verwenden, die Auswahl war hier zu groß. Aufgrund der extrem niedrigen Schwellenkonzentration des Furfurylthiols wurde wie bei Androstenon mit Verdünnungsreihen gearbeitet.

<i>Versuch Nr.</i>	<i>Verwendete Substanz/Verdünnung</i>
1	Furfurylthiol:PG – 1:1000
2	Furfurylthiol:PG – 1:50000
3	Furfurylthiol:PG – 1:100000
4	Furfurylthiol:PG – 1:500000
5	Furfurylthiol:PG – 1:1000000

Tabelle 13: Versuche – Kaffee

3.5. Befragung der Testpersonen

3.5.1. Testpersonen

Insgesamt nahmen 10 Personen, die persönlich bzw. telefonisch über die Studie und den Ablauf der Befragung informiert wurden und vorwiegend aus dem Bekanntenkreis der Versuchsleiterin stammten, an der Befragung teil. Der Anteil an männlichen und weiblichen Probanden betrug je 50 %. Das Alter der Testpersonen musste zwischen 18 und 35 Jahren liegen, weiters sollten sie Nichtraucher sein und durften nach eigener Einschätzung keine Einschränkung des Riechvermögens aufweisen.

Zur Beurteilung der ausgewählten Mischungen wurden die Probanden gebeten, in einem gut durchgelüfteten Raum Platz zu nehmen und kurz zu entspannen. Anschließend wurden ihnen die 12 Düfte auf Duftstreifen präsentiert. Dazu wurden die Streifen kurz 0.5 cm tief in die Mischung, die in einer Braunglasflasche aufbewahrt wurde, getaucht und den Testpersonen zirka 5 cm unter die Nase gehalten, bis diese den Geruch genügend wahrgenommen hatten. Das entsprechende Geruchserlebnis wurde anhand des nachfolgend beschriebenen Fragebogens bewertet. Die Teilnehmer erhielten die Anweisung, die Geruchsproben möglichst spontan zu bewerten. Zwischendurch wurden kurze Pausen von einigen Minuten eingehalten, um eine Reizüberflutung zu verhindern. Insgesamt erstreckte sich die Befragung über einen Zeitraum von maximal einer Stunde. Die Reihenfolge der Präsentation wurde bei jedem Probanden verändert.

3.5.2. Fragebögen

Auf dem fünfseitigen Fragebogen, der den Probanden zu Beginn der Befragung vorgelegt wurde, wurde jeder der 12 Gerüche hinsichtlich Hedonik, Intensität und Bekanntheitsgrad bewertet. Zusätzlich sollten die Testpersonen den Geruch, wenn möglich, benennen.

Für die Beurteilung der Parameter Intensität, Bekanntheitsgrad und Hedonik diente je eine Skala von 1 – 10, wobei 1 für Intensität „kaum wahrnehmbar“, für Bekanntheitsgrad „völlig unbekannt“ und für Empfinden „sehr unangenehm“ bedeutete, 10 hingegen „sehr stark wahrnehmbar“, „sehr bekannt“ beziehungsweise „sehr angenehm“.

4 ERGEBNISSE

4.1. Ergebnisse aus Literaturrecherche und Befragung des Experten-Panels

4.1.1. Desinfektionsmittel

Aus den zahlreichen Stoffen, die zur Desinfektion eingesetzt werden können, kamen im Rahmen dieser Arbeit nur geruchsaktive Verbindungen wie **Phenol** oder **Iod** in Frage. **Chloroform** wurde vom Panel ebenfalls als Möglichkeit vorgeschlagen. Da diese Verbindung jedoch ein gewisses toxisches Potential beim Einatmen besitzt, wurde von ihrer Verwendung Abstand genommen. Den typischen Krankenhausgeruch liefert laut Experten das **Isopropanol**, das auch als Isopropylalkohol oder 2-Propanol bezeichnet wird.

4.1.2. Kerzenduft

Wie bereits im Allgemeinen Teil erwähnt, zählen Stearin, Paraffin und Bienenwachs zu den wichtigsten Rohstoffen für die Kerzenherstellung. Betreffend den Geruch sind aber nicht nur die unterschiedlichen Rohstoffe zu beachten, sondern zum Beispiel auch, ob die Kerze brennt oder gerade ausgelöscht wurde. Beim Auslöschen tritt der Geruch nach **Acrolein**, das unter 4.1.4 *Verbranntes* genauer beschrieben wird, auf.

Als character impact compounds für Kerzenduft interessierten aber vor allem Verbindungen mit wachsiger Note. Eine Möglichkeit sind **Fettaldehyde**, denen als Reinsubstanz ein Geruch nach ranziger Butter oder Kerzen nachgesagt wird [43]. Diese sauerstoffhaltigen Oxidationsprodukte von Fetten kommen in Spuren in allen Citrusölen vor. In hoher Verdünnung tragen Fettaldehyde wie Undecanal oder Dodecanal zu blumigen-zitrusartigen Nuancen bei, während sie sich sonst durch einen unangenehmen Stearinton auszeichnen [43].

6-Nonenal und 8-Nonenal wurden mitunter vom Panel vorgeschlagen. Allerdings wurde der Rat erteilt, sich eher an den Geruch von

Bienenwachskerzen zu halten, da diese im Gegensatz zu Paraffin- oder Stearinkerzen auf jeden Fall mit einem typischen Geruch assoziiert werden.

Reines Bienenwachs von *Apis mellifera* setzt sich aus zumindest 284 unterschiedlichen Komponenten zusammen, von denen noch nicht alle identifiziert wurden. 1977 wurden von *Ferber & Nursten* [24] flüchtige Komponenten in Norfolk Bienenwachs untersucht. Mindestens 48 Komponenten tragen demnach zum Aroma des Wachses bei [2, 24]. Da die Gerüche aber auf sehr wenige Verbindungen eingeschränkt werden sollten, konzentrierte man sich für das Aroma von Bienenwachs auf Verbindungen mit honigartigem Geruch wie **Phenylacetaldehyd, Phenylelessigsäure und deren Ester**. Phenylelessigsäure und Phenylelessigsäuremethylester, deren Geruch unter anderem als süßlich, honigartig und wachsig beschrieben wird, dienen als character impact compounds von künstlichen Bienenwachsaromen [6, 54] und schienen auch für die vorliegende Arbeit als geeignet.

4.1.3. Warme Sommerluft

Warme Sommerluft verbinden viele Menschen mit Ferien, Urlaub, Sonne oder auch Sommergewitter, Heu, Wiesen- oder Blumenduft und vieles mehr. Da die Assoziationen individuell starken Unterschieden unterliegen, kann man nicht von einem charakteristischen Geruch ausgehen, dazu reicht die Beschreibung „warme Sommerluft“ auch laut Experten-Panel nicht aus. Die Suche nach character impact compounds für diese Mischung gestaltete sich daher als äußerst schwierig. Um den Begriff etwas einschränken zu können, wurden die Experten und auch einige weitere Personen befragt, welchen Geruch sie mit warmer Sommerluft verbinden. Verhältnismäßig oft genannt wurde der Geruch von Heu, frischem Gras und Kiefern.

Für die Mischung interessant waren daher **Cumarin, cis-3-Hexen-1-ol** und **Pinen**. Cumarin kommt natürlich in vielen Gras- und Kleearten, im Waldmeister und diversen ätherischen Ölen vor und besitzt eine süße, krautig-warme, würzige, in hoher Verdünnung heuartige Note [23]. Pinene zeichnen sich durch

einen terpentinartigen, balsamischen Geruch aus und sind Bestandteil vieler ätherischer Öle, vor allem der Nadel- und Zapfenöle von Coniferen [23, 48]. Um den Eindruck einer frisch gemähten Wiese entstehen zu lassen, eignen sich der Blätteralkohol cis-3-Hexen-1-ol und eventuell der Blätteraldehyd trans-Hexen-2-al. Kleine Mengen an Blätteralkohol kommen in den grünen Teilen von beinahe jeder Pflanze vor. Besonders hoch ist der Anteil zum Beispiel in grünem Tee oder Endivien. Cis-3-Hexen-1-ol wird häufig in Parfums und Aromen eingesetzt, um eine „Grün“-Note zu erzeugen [13]. Als weitere mögliche Komponente könnte **Iris Absolue**, das in Verdünnung einen milden, angenehm erdigen Duft verströmt, verwendet werden.

4.1.4. Verbranntes

Für die Mischung „Verbranntes“ standen aufgrund der Literatursuche und den Vorschlägen des Experten-Panels einige, sich geruchlich stark unterscheidende Verbindungen zur Auswahl, denn je nachdem, was einem Brand zum Opfer fällt, entstehen diverse, zum Großteil bedenkliche Verbindungen, die in ihrem Geruch ebenso variieren wie die Ausgangsmaterialien selbst.

Verschiedene Phenolderivate wie Guajakol, **Vinylphenol** oder p-Kresol, zählen zu den Raucharomen, die in vielen Lebensmitteln, vor allem geräucherten Fleischprodukten, vorkommen [15]. In höherer Konzentration wird der Geruch nach **Guajakol** als rauchig-verbrannt wahrgenommen und erinnert unter anderem an verbranntes Papier [22].

Wenn Öl überhitzt wird, entsteht ein stechender Geruch, für den hauptsächlich das bei der Verbrennung gebildete **Acrolein** verantwortlich ist. Diese äußerst instabile Verbindung kommt auch in vielen weiteren Verbrennungsprozessen vor, zum Beispiel als Bestandteil von Autoabgasen und Zigarettenrauch. Acrolein-Geruch kann auch direkt nach dem Auslöschen von Kerzen wahrgenommen werden. Acrolein ist allerdings sehr toxisch und leicht entflammbar [23] und daher für dieses Projekt nicht geeignet.

Um den Geruch von verbranntem Gummi zu imitieren, kann laut Panel **Diethylsulfid** eingesetzt werden. Diesen Geruch schreibt auch Dravnieks [22] dem Sulfid zu.

4.1.5. Jasmin

Schon Ende des 19. Jahrhunderts zeigten Chemiker Interesse an der Zusammensetzung des Jasmindufts. A. Hesse und F. Müller gelang es damals, bereits sechs Komponenten des Jasminöls zu isolieren, nämlich:

Benzylacetat (34 %), Benzylbenzoat (24 %), Benzylalkohol (5 %), Linalool (8 %), Jasmon (3 %) und Indol (2.5 %) [44]. Nach heutigem Stand der Wissenschaft beinhaltet Jasminöl rund 100 chemische Verbindungen. Allerdings ist nur ein kleiner Teil davon für den charakteristischen Geruch verantwortlich [43, 13]. Den Hauptanteil an flüchtigen Verbindungen macht das kräftig, fruchtige Benzylacetat mit einem Anteil von 34 % aus. Zum typischen Duft tragen aber vor allem Komponenten bei, die in wesentlich geringerer Konzentration vorkommen. Hier sind besonders die jasmonoiden Verbindungen Jasmon und die Diastereomeren des Methyljasmonats zu nennen [44]. Dem Stickstoffderivat Indol wird normalerweise ein ekelerregender Geruch nach menschlichen Exkrementen nachgesagt, in hoher Verdünnung entwickelt sich aber eine kräftig blumige Note, die zum typischen Jasminduft wesentlich beiträgt. Weitere Inhaltsstoffe des Jasminöls sind unter anderem Geraniol, Farnesol und Jasmolakton [43].

Im Zuge einer Untersuchung zur Wahrnehmung von angenehmen und unangenehmen Stimuli in Geruchsmischungen wählten *Rolls et al.* [26] Jasmin mit seinem Bestandteil Indol als Stimulus aus. Anhand weniger Komponenten konnte Jasminduft imitiert werden, wobei die Konzentration an Indol in den verschiedenen Mischungen verändert wurde. Diese Studie diente als gute Orientierungshilfe dafür, in welcher Konzentration die wichtigsten Inhaltsstoffe (**Jasmon, Methyljasmonat, Indol, Benzylacetat, Linalool**) verwendet werden sollten, um Jasminduft darzustellen.

4.1.6. Feuchte Luft

Beim Versuch „feuchte Luft“ auf character impact compounds einzuschränken, trat dasselbe Problem auf wie bei „warmer Sommerluft“. Weder aus der Literatur waren genaue Angaben zu entnehmen, noch konnte das Experten-Panel solche geben. Dies ist nicht verwunderlich, denn auch dieser Begriff lässt viel Platz für persönliche Assoziationen und hängt von örtlichen Gegebenheiten ab. So riecht nass-kaltes Wetter im Park anders als auf der Straße und so weiter.

Ohloff nennt in seinem Buch „*Düfte*“ [42] eine Literaturstelle, wo es heißt, dass die nasse Novemberwelt an den aufgewirbelten Geruch feuchter Erde und vermodernden Laubs erinnere [42]. Auch das Experten-Panel schlug vor, eine Substanz mit erdig-modrigem Geruch, wie eben **Geosmin** oder Methoxyisopropylpyrazin, in sehr hoher Verdünnung zu verwenden.

Iris Absolue, das auch für „warme Sommerluft“ in Frage kommt, könne aber aufgrund des an Wurzeln erinnernden warm-holzigen Geruchs [23, 44] auch hier als Komponente eingesetzt werden.

4.1.7. Moder

Als Komponenten für die Mischung kommen Verbindungen mit einem erdig-modrigen, schimmeligen oder muffigen Charakter in Frage. Solche Geruchseigenschaften schreibt man unter anderem **Geosmin**, **2-Methylisoborneol**, **Isopropylmethoxypyrazin** oder **Trichloranisol** zu [51]. **1-Octen-3-ol** haftet ein Geruch an, der an Champignons, aber auch an Schimmel erinnert [36]. Da die genannten Stoffe auch als Fehlaromen in Trinkwasser und Wein vorkommen, existieren zahlreiche Studien, die sich mit der Charakterisierung und Identifizierung sowie Möglichkeiten zur Entfernung solcher off-flavors in Wein und Wasser beschäftigen.

Geosmin und 2-Methylisoborneol entstehen als Nebenprodukte der mikrobiologischen Aktivität verschiedener *Streptomyces*-Arten. Der

Schwellenwert dieser beiden Verbindungen ist sehr gering, er liegt normalerweise bei 4 – 10 ng/L. Geosmin kommt auch in Rübensaft und Roten Rüben vor [23, 51].

2,4,6-Trichloranisol entsteht beim mikrobiellen Abbau von Pentachlorphenol, einem Fungizid, und kann für den schimmelig-muffigen Korkgeschmack von Weinen verantwortlich sein [23, 16]. Isopropylmethoxypyrazin mit einer ebenfalls sehr niedrigen Schwellenkonzentration von 0.002 ppb ist durch einen gemüseartig-erdigen Geruch gekennzeichnet und kommt zum Beispiel in Erbsen und rohen Kartoffeln vor [23]. 1-Octen-3-ol mit seinem erdig-pilzigen Aroma ist als character impact compound von Champignons und Camembert bekannt [15].

4.1.8. Computer

Verbindungen zu finden, mit denen man den Geruch von Computern nachahmen kann, stellte insofern eine Herausforderung dar, als diese Geräte im Allgemeinen nicht zwangsläufig mit Geruch in Verbindung gebracht werden. Wenn überhaupt, so geht von Elektrogeräten nur ein sehr schwacher Geruch aus, der eventuell von Abbauprodukten von Polymeren stammt (Bezugnahme auf das Panel). Aufgrund von Vorschlägen des Experten-Panels standen dennoch folgende Stoffe zur Auswahl: Diethylphthalat, Isopropanol, Geosmin.

Diethylphthalat und andere Vertreter der Pthalsäureester sind aufgrund ihrer zahlreichen Einsatzgebiete ubiquitär. Sie spielen eine wichtige Rolle als Vergällungsmittel für Ethanol, als Fixiermittel von Parfüms und vieles mehr. Als vielfach eingesetzte Weichmacher kommen sie eben auch in Materialien vor, aus denen Elektrogeräte wie Computer aufgebaut sind [3, 23].

Isopropanol, das unter *4.1.1.Desinfektionsmittel* schon beschrieben wurde, wird laut Experten benutzt, um die Tastaturen oder Bildschirme von Computern zu reinigen und könnte daher einen Beitrag zum Geruchseindruck leisten.

Mit **Geosmin** oder anderen „Modersubstanzen“ erziele man in Mischungen eventuell den Geruch der Staubpartikel, die sich in den Geräten ablagern und langsam zersetzen.

4.1.9. Erbrochenes

Je nach Nahrungsaufnahme und Erkrankung kann Erbrochenes nur teilweise beziehungsweise unverdaute Nahrung, sauren Magensaft, aber auch Gallensaft oder Blut enthalten [55]. Da die Zusammensetzung von Erbrochenem aufgrund der genannten Faktoren nicht immer gleich ist, kann auch der Geruch variieren. Bei der Suche nach Komponenten für die Mischungen lag das Hauptaugenmerk auf Verbindungen, deren Geruch als ekelerregend oder an ranzige Butter oder Milch erinnernd beschrieben wird.

Solche Geruchseindrücke werden zum Beispiel durch **Buttersäure** und **Isovaleriansäure** ausgelöst [22, 54]. Buttersäure kommt in ranziger Butter, im Schweiß und Harn und als Aromastoff in Käse vor [3]. Die ebenfalls äußerst übelriechende Isovaleriansäure ist in größeren Mengen in der Baldrianwurzel enthalten [3] und wurde auch vom Experten-Panel für das Herstellen der Mischung vorgeschlagen. Buttersäure und Isovaleriansäure wirken synergistisch, in Mischungen verstärkt sich ihre olfaktorische Wirkung [42]. **Salzsäure** als weitere mögliche Komponente besitzt einen stechenden Charakter. Sie zählt neben proteinspaltenden Enzymen, Schleimstoffen und Gastrin zu den Bestandteilen des Magensaftes [3].

4.1.10. Weihrauch

Mit der Zusammensetzung des Olibanum-Pyrolysates „Aden“ beschäftigten sich *Pailer et al.* [45], wobei das Hauptaugenmerk der Untersuchung auf der Carbonyl-Fraktion lag. Durch GC/MS-Analysen konnte eine Vielzahl an Substanzen wie zum Beispiel α -Campholenaldehyd, Phellandral, Carvon, Verbenon, Thujon oder Myrtenal identifiziert werden.

Bis Ende 1984 waren bereits über 250 Inhaltstoffe und Pyrolyseprodukte von Weihrauch entdeckt. Eine Verbindung, die den aromatischen Duft, der beim Aufstreuen auf glühende Kohlen entsteht, maßgeblich prägt, ist bisher allerdings nicht bekannt [44, 48].

Dass der Geruch von Weihrauch sich nicht auf wenige Komponenten einschränken lässt, wurde auch durch die zu Rate gezogenen Experten bestätigt. Als Ausweichmöglichkeit musste daher auf **arabisches Weihrauchöl** zurückgegriffen werden, das zwar nicht dem Geruch des Pyrolysates entspricht, aber zumindest Ähnlichkeiten aufweist.

4.1.11. Urin

Während frischer Harn nur einen schwachen Eigengeruch besitzt, entsteht beim längeren Stehenlassen aufgrund bakterieller Umwandlungsprozesse ein stechender Geruch nach **Ammoniak**. Nach Aufnahme bestimmter Nahrungsmittel (z.B. Spargel) oder speziellen Erkrankungen wie Diabetes (Acetongeruch) oder Phenylketonurie (Phenylpyruvat scheint im Harn auf) verändert sich auch der Geruch des ausgeschiedenen Urins [49].

Als Prototyp für Uringeruch wird das Steroidketon **5 α -Androst-16-en-3-on** angeführt [42, 52]. Dieses Abbauprodukt des männlichen Sexualhormons Testosteron konnte erstmals von Forschern der ETH Zürich aus Schweinehoden isoliert werden, die den Geruch folgendermaßen beschrieben:

„Androsta-4,16-dien-3-on und (+)-5 α -Androst-16-en-3-on erinnern an den Geruch von Gefäßen, die längere Zeit für die Aufbewahrung von Harn benutzt worden waren.“ ([42], S. 55)

Seit der Entdeckung dieser beiden Steroidketone im menschlichen Harn und Achselschweiß werden sie für den penetranten Uringeruch verantwortlich gemacht. Die Entdeckungsschwelle für das urinig-schweißig riechende

Androstenon unterliegt beträchtlichen Schwankungen, die mittlere Konzentration beträgt etwa 0.2 ppb [42].

Allerdings wird gegenüber Androstenon häufig eine für steroidale Duftstoffe typische, spezifische Anosmie beobachtet. Die Verbindung stand daher schon im Mittelpunkt zahlreicher Untersuchungen [19]. Spezifische Anosmie gegenüber Androstenon wird zumindest bis zu einem gewissen Grad von genetischen Faktoren bestimmt, hängt aber auch von Alter und Erfahrung ab. Rund 50 % der Bevölkerung, die für Androstenon unempfindlich ist, konnte durch wiederholte Exposition für diesen Duftstoff sensibilisiert werden [19]. Die Rate an spezifischer Anosmie für Androstenon liegt bei zirka 40 %, wobei die Angaben stark schwanken und neuere Untersuchungen darauf hindeuten, dass nur ein geringer Anteil der Bevölkerung das Steroid überhaupt nicht wahrnehmen kann [19]. Abgesehen von den Differenzen in der Wahrnehmungsfähigkeit bestehen aber auch Unterschiede in der Beschreibung der Duftqualität. Rund 15 % der Personen, die keine Anosmie aufweisen, empfinden den Geruch nicht als unangenehm, sondern nehmen einen leichten Sandelholzduft wahr, während der Rest das Schweinehormon schon bei sehr geringen Konzentrationen registriert und ihm einen Geruch nach Urin beziehungsweise Schweiß nachsagt [34]. Bei Frauen ist die Wahrnehmung des Steroidhormons zudem vom Zyklus abhängig. Während der Tage des Eisprungs wird Androstenon üblicherweise als weniger unangenehm beziehungsweise sogar als angenehm empfunden [34]. Kinder reagieren generell empfindlicher auf den Riechstoff, wobei einige ihre Sensibilität während der Pubertät verlieren. Auch bei Erwachsenen, die eine spezifische Anosmie aufweisen, kann in ihrem Elektroenzephalogramm gezeigt werden, dass das Steroidketon einen Reiz im Zentralnervensystem auslöst [34].

4.1.12. Kaffee

Das typische Kaffeearoma, das der Rohbohne noch fehlt, entsteht erst beim Rösten bei einer Temperatur von bis zu ca. 200° C. Die Konzentration vieler Inhaltsstoffe nimmt dabei ab, andere werden neu gebildet [16]. Die Zusammensetzung von geröstetem Kaffee variiert in Abhängigkeit von Röstgrad und Sorte zum Teil sehr stark. Flüchtige Aromastoffe stellen dabei einen Anteil von rund 0.1 %. Sie entstehen, wie bereits erwähnt, erst beim Rösten hauptsächlich aufgrund der Maillard-Reaktion (Reaktion von reduzierenden Zuckern mit Aminosäuren) aus Kohlenhydraten und Proteinen [23].

Das Kaffee-Aroma ist sehr gut erforscht. Die chemische Aufklärung der enthaltenen Aromastoffe wird als vollständig betrachtet, was unter anderem der Einführung der Aromaverdünnungsanalyse nach Grosch und diversen Aufarbeitungsmethoden (z.B. SPME) zuzuschreiben ist [23]. Mit über 850 bisher bekannten flüchtigen Komponenten ist die Zusammensetzung des Kaffee-Aromas sehr komplex. 30 bis 40 dieser Stoffe zählen zu den Schlüsselverbindungen, die wesentlich zum Geruchseindruck von Kaffee beitragen. Vertreten sind süß/karamellartige, erdige, schwefelig/röstige und rauchig/phenolische Noten [23, 16]. Der erbsige, grüne Geruch, der dem Rohkaffee anhaftet, entsteht vor allem durch Pyrazine wie 3-Isobutyl-2-methoxypyrazin. Pyrazine sind auch noch im Röstkaffee enthalten und tragen zum Aroma bei [20]. Im Vergleich zu Arabica-Kaffeesorten liegen Alkylpyrazine und Phenole in Robusta-Sorten in höherer Konzentration vor. Dadurch entsteht eine intensivere erdige beziehungsweise rauchige Note [16]. Neben den Pyrazinen gehören besonders das **2-Furfurylthiol** sowie 2- und 3-Methylbutanal, Propanal und Methylpropanal, 4-Vinylguajakol, Acetaldehyd und verschiedene Furanone zu den character impact compounds [20]. Weglassversuche führten zur Erkenntnis, dass 2-Furfurylthiol einen ganz erheblichen Beitrag zum Kaffeearoma leistet und damit die wichtigste Schlüsselverbindung ist [16].

Der Geruch nach frisch zubereitetem Kaffee bleibt allerdings nicht lange erhalten. Vor allem die Konzentration von Verbindungen, die zur schwefelig/röstigen Note beitragen, wie eben das besagte 2-Furfurylthiol, nimmt infolge der Zubereitung und Lagerung drastisch ab. Grund dafür dürfte die Bildung von Konjugaten, entstanden durch oxidative Kupplung zwischen 2-Furfurylthiol und Hydroxyhydrochinon, sein [40].

Um das Aroma von Kaffee authentisch nachzubilden sind also 30 bis 40 Verbindungen notwendig. Hier herrschte auch unter den befragten Experten absolute Einigkeit: Furfurylthiol stelle zwar eine wichtige Grundlage dar, mit maximal drei Komponenten könne der Geruch nach Kaffee aber nicht gut nachgebaut werden.

4.2. Ausgewählte Mischungen/Verdünnungen

Im Folgenden sind die Mischungen aufgelistet, die aus den Versuchen als die am besten geeigneten ausgewählt wurden. Diese wurden anschließend für die Befragung der Testpersonen herangezogen.

- **Desinfektionsmittel**

Versuch 4: Isopropanol:PG – 1:1

- **Kerzenduft**

Versuch 7: Phenyllessigsäuremethylester:PG – 1:200

- **Warme Sommerluft**

Versuch 8: cis-3-Hexen-1-ol:PG – 1:1000

- **Verbranntes**

Versuch 9: Guajacol:PG – 1:10

- **Jasmin**

Versuch 6: 2 Teile Benzylacetat:PG – 1:5
 1.54 Teile Methyljasmonat:PG – 1:5
 0.48 Teile Jasmon:PG – 1:5
 5.98 Teile Indol:PG – 1:100

- **Moder**

Versuch 8: 9 Teile Geosmin:MeOH/EtOH 96 % – 1:10000
 1 Teil Methoxyisopropylpyrazin:EtOH 96 % – 1:1000

- **Computer**

Versuch 2: Isopropanol:Diethylphthalat – 1:1000

- **Erbrochenes**

Versuch 2: 2 Teile Buttersäure:PG – 1:10
 1 Teil HCl 36 %
 7 Teile Isovaleriansäure:PG – 1:10

- **Urin**

Versuch 5: 9 Teile Androstenon:PG – 1:1000
 1 Teil Ammonhydroxidlösung:PG – 1:10

- **Weihrauch**

Versuch 1: arabisches Weihrauchöl:EtOH 96 % – 1:5

- **Feuchte Luft**

Versuch 6: 7 Teile Iris Absolue:EtOH 96 % – 1:100
 3 Teile Geosmin:MeOH/EtOH 96 % – 1:50000

- **Kaffee**

Versuch 2: Furfurylmercaptan:PG – 1:50000

4.3. Auswertung der Fragebögen

Zur Auswertung der zehn Fragebögen wurde das Programm Microsoft Excel (Version 2003) benutzt. Anhand der Funktionen MITTELWERT und STABW wurden das arithmetische Mittel und die Standardabweichung für die drei Parameter Intensität, Bekanntheit und Hedonik für jeden der 12 Düfte berechnet. Weiters wurde ermittelt, wie oft die Komposition (richtig) benannt werden konnte. Darüber hinaus wurden mit dem Programm SYSTAT 12 for Windows (© SYSTAT Software, Inc. 2007) univariate Varianzanalysen (ANOVA) mit Messwiederholung mit dem Faktor „Duft“ durchgeführt. Da das Ergebnis für alle drei Parameter signifikant war ($P \leq 0.05$), wurden zusätzlich T-Tests für abhängige Stichproben, in denen die Daten paarweise miteinander verglichen wurden (sogenannte post-hoc-Vergleiche), zur Berechnung der Signifikanz herangezogen. Als signifikant unterschiedlich gewertet wurde ein nach Bonferroni korrigierter P-Wert ≤ 0.05 .

Intensität

VP	Moder	Des- infektion	Jasmin	Ver- branntes	Sommer -luft	Weih- rauch	Urin	Kerzen	Feuchte Luft	Computer	Er- brochenes	Kaffee
1	7	9	10	7	3	10	10	5	5	1	10	10
2	8	10	8	4	4	8	10	7	8	7	10	8
3	9	9	8	9	6	8	8	8	8	5	10	6
4	8	9	8	7	9	8	7	9	7	5	9	9
5	9	10	3	9	4	10	10	10	2	7	10	10
6	8	7	8	8	7	8	7	8	7	5	5	7
7	8	9	7	10	4	9	10	5	8	3	10	5
8	8	8	8	6	7	10	1	6	10	3	10	9
9	7	7	10	6	5	7	10	8	5	7	10	7
10	5	8	7	7	7	5	10	7	6	7	10	7
$\bar{x}$	7.70	8.60	7.70	7.30	5.60	8.30	8.30	7.30	6.60	5.00	9.40	7.80
δ	1.16	1.07	1.95	1.77	1.90	1.57	2.87	1.64	2.22	2.11	1.58	1.69

Tabelle 14: Ergebnisse – Intensität

Bekanntheit

VP	Moder	Des- infektion	Jasmin	Ver- branntes	Sommer -luft	Weih- rauch	Urin	Kerzen	Feuchte Luft	Computer	Er- brochenes	Kaffee
1	9	10	10	9	9	10	10	10	5	5	9	10
2	2	10	10	9	3	10	8	9	3	8	10	8
3	10	10	8	8	10	6	10	5	8	5	10	8
4	7	10	8	5	10	4	7	8	8	5	8	9
5	9	10	10	5	8	7	10	10	6	9	10	8
6	8	8	7	4	6	9	7	3	5	3	7	8
7	6	10	5	9	10	9	10	9	8	3	10	8
8	10	10	10	9	10	10	1	10	10	6	10	10
9	7	10	7	7	8	10	10	7	8	10	10	10
10	6	5	7	7	8	7	8	4	5	4	10	7
$\bar{x}$	7.40	9.30	8.2	7.20	8.20	8.20	8.10	7.50	6.60	5.80	9.40	8.60
δ	2.41	1.64	1.75	1.93	2.25	2.10	2.81	2.64	2.12	2.44	1.07	1.07

Tabelle 15: Ergebnisse – Bekanntheitsgrad

Hedonik

VP	Moder	Des- infektion	Jasmin	Ver- branntes	Sommer -luft	Weih- rauch	Urin	Kerzen	Feuchte Luft	Computer	Er- brochenes	Kaffee
1	2	9	10	9	10	10	1	7	3	4	1	6
2	4	2	10	3	8	6	1	9	4	5	1	5
3	5	8	5	3	8	5	4	4	6	5	1	5
4	1	6	8	3	9	8	2	10	5	5	1	9
5	1	7	6	6	8	8	1	9	5	8	1	3
6	5	6	7	4	7	9	2	4	7	3	6	5
7	6	3	5	2	6	6	1	7	4	6	1	7
8	3	8	9	3	8	8	5	9	3	4	1	7
9	5	8	8	4	8	10	1	8	4	7	1	10
10	4	4	8	3	7	6	1	5	3	5	1	8
$\bar{x}$	3.60	6.10	7.60	4.00	7.90	7.60	1.90	7.20	4.40	5.20	1.50	6.50
δ	1.78	2.38	1.84	2.05	1.10	1.78	1.45	2.20	1.35	1.48	1.58	2.12

Tabelle 16: Ergebnisse – Hedonik

4.3.1. Assoziationen

Die Mischung „Moder“ konnte von 9 der 10 Testpersonen benannt werden, wobei der Geruch als modrig, kellerartig, erdig beziehungsweise an verfaultes, feuchtes Holz erinnernd bezeichnet wurde.

„Desinfektionsmittel“ wurde von allen Probanden richtig erkannt, 2 der Teilnehmer konnten dabei sogar die Substanz, die für die Mischung verwendet wurde – nämlich Isopropanol – nennen.

4 Testpersonen konnten für die Komposition „Jasmin“ auch eindeutig den Jasminduft identifizieren, weitere 4 den Geruch zumindest mit Blumen in Verbindung bringen.

Der Geruch von „Verbranntem“ wurde von 8 der 10 Testpersonen als verbrannt oder rauchig beschrieben, wobei einer der Probanden den Geruch mit Zündhölzern assoziierte, ein weiterer mit angebranntem Leder, einer mit Geselchtem, der Großteil aber mit verbranntem Holz oder Papier.

„Warme Sommerluft“ wurde von 9 Teilnehmern benannt und mit den Assoziationen frisches Gras, Wiese, Heu, Rasenmähen, Holz oder Frische beschrieben.

5 Probanden identifizierten „Weihrauch“ definitiv als Weihrauch, weitere 2 bezeichneten den Geruch als zitronig, frisch. Einmal wurde Teebaumöl vermutet.

Die Nachahmung von Urin wurde von einer der Testpersonen als stechend bewertet, eine weitere konnte überhaupt keinen Geruch wahrnehmen. Die restlichen 8 erkannten den Uringeruch eindeutig.

Die Mischung „Kerzenduft“ erkannten 7 Probanden als (Bienen-)wachs, einmal wurde der Geruch mit Honig assoziiert.

„Feuchte Luft“ wurde als feucht, nass, frisch, an Schimmel, Schlamm oder Regen erinnernd beschrieben. Weiters wurde die Mischung mit Waldluft beziehungsweise -boden oder Moder in Verbindung gebracht. Nur ein Teilnehmer konnte den Geruch nicht beschreiben.

Nur 7 Testpersonen waren in der Lage „Computer“ zu benennen, wobei als Assoziationen Klebstoff, Plastik, warmer Kunststoff und Kopierer genannt wurden.

Die Nachahmung von Erbrochenem wurde mit einer Ausnahme von allen Probanden auch eindeutig als Erbrochenes identifiziert. Ein Teilnehmer empfand den Geruch als baldrianartig.

Auch „Kaffee“ wurde von 9 der Versuchspersonen als (stark gerösteter) Kaffee oder kaffeeähnlich erkannt. Eine Person bezeichnete den Geruch als verbrannt.

Sehr gut erkannt wurden also die Kompositionen „Desinfektionsmittel“ und „Erbrochenes“, aber auch „Moder“ oder „Urin“. Weit schwieriger fiel es den Probanden die Mischung „Computer“ zu beschreiben.

4.3.2. Bekanntheitsgrad

Erwünscht war eine möglichst hohe Bewertung der Vertrautheit für alle 12 Kompositionen. Hinsichtlich Bekanntheit erzielten die Mischungen „Erbrochenes“ ($\bar{x} = 9.4$) und „Desinfektionsmittel“ ($\bar{x} = 9.3$) besonders hohe Werte. Diese Gerüche wurden bis auf eine Ausnahme, wie bereits erwähnt, auch von allen Teilnehmern richtig benannt. Verhältnismäßig bekannt schienen den Probanden auch die Kompositionen „Kaffee“, „Jasmin“, „Weihrauch“ und „warme Sommerluft“ (alle $\bar{x} = 8.2$), dicht gefolgt von „Urin“ ($\bar{x} = 8.1$). Etwas schlechter wurden die Imitationen von Kerzenwachs ($\bar{x} = 7.5$) und Moder ($\bar{x} = 7.4$) sowie Verbranntem ($\bar{x} = 7.2$) bewertet. Im Mittel am wenigsten bekannt empfanden die Probanden die Kompositionen „feuchte Luft“ ($\bar{x} = 6.6$) und „Computer“ ($\bar{x} = 5.8$) (Abb.8). Die univariate ANOVA mit Messwiederholung

zeigte einen signifikanten Einfluss des Faktors „Duft“ ($F_{11,99} = 2.867$, $P = 0.003$). Ein signifikanter Unterschied in der Bewertung der Vertrautheit konnte anhand der post-hoc-Vergleiche nur für die Mischungen „Erbrochenes“ und „Computer“ ($P = 0.035$) festgestellt werden.

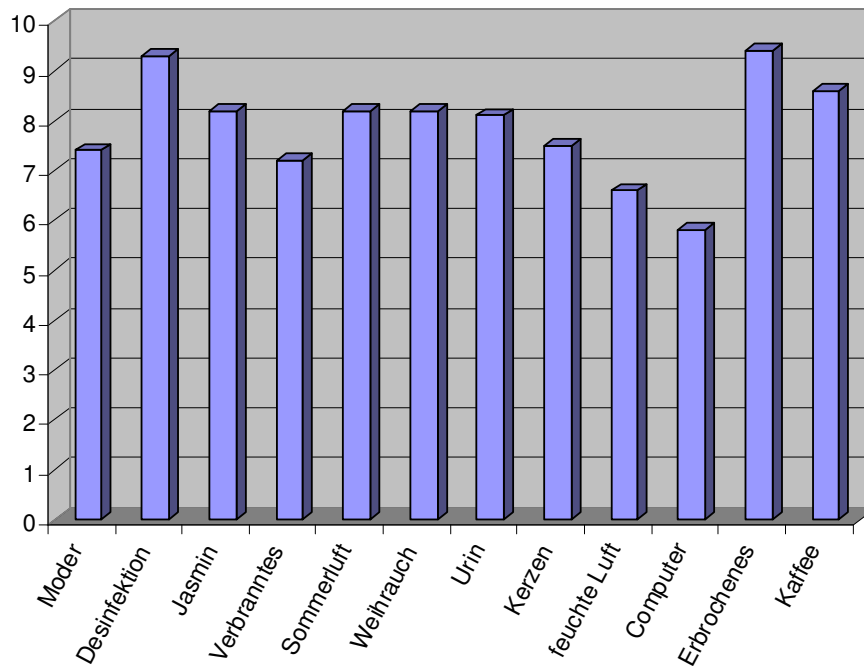


Abbildung 8: Vergleich der Bewertung des Bekanntheitsgrades im Mittel

4.3.3. Intensität

Es wurde für alle 12 Gerüche versucht, die Unterschiede in der Intensität möglichst gering zu halten. Die Werte bewegten sich im Mittel zwischen 5.0 und 9.4 auf der zehnteiligen Skala (Abb.9). Am schwächsten wurden dabei die Mischungen „Computer“ ($\bar{x} = 5.0$) und „warme Sommerluft“ ($\bar{x} = 5.6$) bewertet, am stärksten „Erbrochenes“ ($\bar{x} = 9.4$). Alle anderen Kompositionen erzielten Mittelwerte zwischen 6.6 und 8.6. Auch für die Intensität ergab die ANOVA einen signifikanten Einfluss des Faktors „Duft“ ($F_{11,99} = 4.264$, $P = 0.000$). Auch hier trat in den post-hoc-Vergleichen nur zwischen „Erbrochenes“ und „Computer“ ein signifikanter Unterschied ($P = 0.033$) auf.

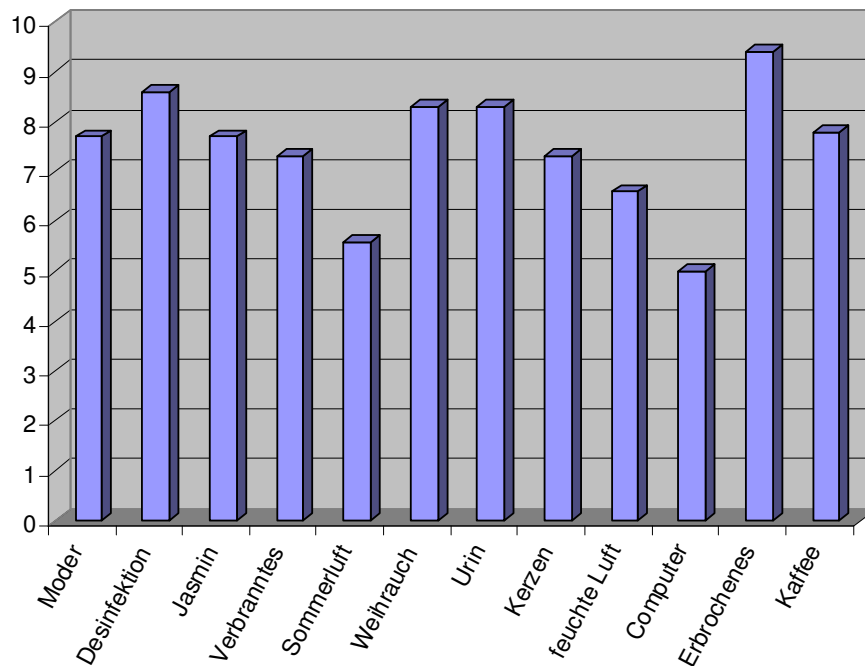


Abbildung 9: Vergleich der Bewertung der Intensität im Mittel

4.3.4. Hedonik

Für die Bewertung der Hedonik wurden entsprechend der diversen Gerüche große Unterschiede erwartet. Vor allem „Erbrochenes“ ($\bar{x} = 1.5$) und „Urin“ ($\bar{x} = 1.9$) wurden sehr negativ bewertet, gefolgt von „Moder“ ($\bar{x} = 3.6$) und „Verbranntes“ ($\bar{x} = 4.0$). Relativ neutral beurteilten die Versuchspersonen die Mischungen „feuchte Luft“ ($\bar{x} = 4.4$) und „Computer“ ($\bar{x} = 5.2$). Eher positiv wurden die Darstellungen von Desinfektionsmittel ($\bar{x} = 6.1$) und Kaffee ($\bar{x} = 6.5$) beurteilt. Als angenehm empfanden die Probanden den Geruch der Mischungen „Kerzen“ ($\bar{x} = 7.2$), „Weihrauch“ ($\bar{x} = 7.6$) und „Jasmin“ ($\bar{x} = 7.6$). Favorit war „warme Sommerluft“ mit einem Mittelwert von 7.9 (Abb.10). Für den Parameter Hedonik wurde mit Hilfe der ANOVA ebenfalls ein signifikanter Einfluss des Faktors „Duft“ festgestellt ($F_{11,99} = 15.669$, $P = 0.000$). Folgende Mischungen wurden laut den post-hoc-Vergleichen signifikant unterschiedlich bewertet:

- Jasmin/Verbranntes: $P = 0.041$
- Moder/warme Sommerluft: $P = 0.043$

- Verbranntes/warme Sommerluft: $P = 0.001$
- Verbranntes/Weihrauch: $P = 0.005$
- Desinfektionsmittel/Urin: $P = 0.013$
- Jasmin/Urin: $P = 0.003$
- warme Sommerluft/Urin: $P = 0.000$
- Weihrauch/Urin: $P = 0.003$
- Urin/Kerzen: $P = 0.012$
- warme Sommerluft/feuchte Luft: $P = 0.017$
- Desinfektionsmittel/Erbrochenes: $P = 0.045$
- Jasmin/Erbrochenes: $P = 0.002$
- warme Sommerluft/Erbrochenes: $P = 0.000$
- Weihrauch/Erbrochenes: $P = 0.000$
- Kerzen/Erbrochenes: $P = 0.026$
- feuchte Luft/Erbrochenes: $P = 0.002$
- Urin/Kaffee: $P = 0.024$
- Erbrochenes/Kaffee: $P = 0.030$

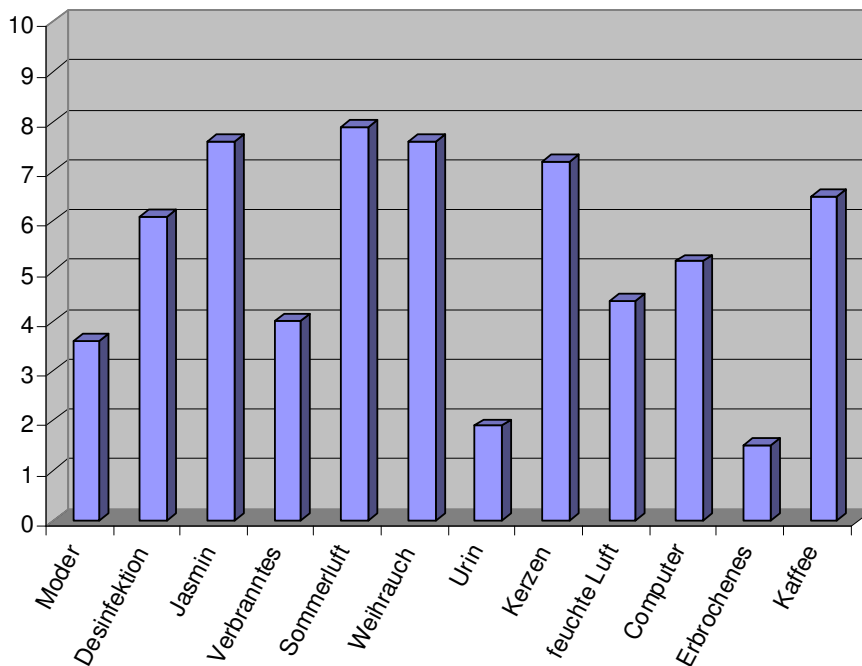


Abbildung 10: Vergleich der Bewertung der Hedonik im Mittel

Generell wurden für die Standardabweichung für alle 12 Düfte und alle 3 Parameter stets relativ hohe Werte (zwischen 1.07 und 2.81) errechnet. Hier sei zu bemerken, dass in Anbetracht der Tatsache, dass nur 10 Personen zur Beurteilung herangezogen wurden, ein Ausreißer den Wert drastisch verändert und die Streuung zum Teil auch auf diese Tatsache zurückzuführen ist.

Vor allem die Mischungen „Desinfektionsmittel“ und „Kaffee“ wurden betreffend die Hedonik von den Testpersonen sehr unterschiedlich bewertet. Größere Differenzen traten aber auch bei „Moder“ oder „Kerzenduft“ auf. Sieht man von je einem Ausreißer bei den Mischungen „Erbrochenes“ und „Urin“ ab, wurden diese sehr eindeutig als absolut unangenehm empfunden. Durchgehend positiv wurde „warme Sommerluft“ beurteilt.

Ähnliches gilt für den Parameter Intensität. „Erbrochenes“ und „Urin“ wurden abgesehen von den bereits erwähnten Ausreißern relativ konstant als sehr intensiv bewertet, während beispielsweise für „feuchte Luft“ oder „Computer“ große Unterschiede bemerkt wurden.

Einzelne Ausreißer wurden auch in der Bewertung des Bekanntheitsgrades verzeichnet.

5 DISKUSSION

Im Zuge dieser Diplomarbeit, die im Rahmen des Forschungsprojekts „Haptic and Olfactory Design. Resources for Vienna’s Creative Industries“ des Wiener Wissenschafts- und Technologiefonds (WWTF) durchgeführt wurde, sollten zwölf Gerüche auf ihre character impact compounds (maximal drei) eingeschränkt und anhand der in Erfahrung gebrachten Substanzen Verdünnungen, beziehungsweise Mischungen hergestellt werden, die den jeweiligen Geruch imitieren. Neben dem Ermitteln der für den Geruch ausschlaggebenden Verbindungen hatte die Arbeit zum Ziel, geeignete Mischungsverhältnisse beziehungsweise Verdünnungsstufen zu finden, wobei die jeweils authentischste Komposition durch zehn Testpersonen beurteilt wurde. Diese bewerteten die zwölf Imitationen hinsichtlich Hedonik, Intensität und Bekanntheit und versuchten den Geruch zu benennen, wobei ein möglichst hoher Wert für den Bekanntheitsgrad und gleiche Intensitätsbewertungen erwünscht waren. Hinsichtlich der Hedonik wurden in Anbetracht der Tatsache, dass sehr unterschiedliche Düfte verwendet wurden, starke Differenzen erwartet.

Die Literaturrecherche, die zur Gewinnung der Information über die gesuchten character impact compounds durchgeführt wurde, blieb für einige der ausgewählten Gerüche erfolglos, beziehungsweise uneindeutig. Probleme traten besonders bei jenen Gerüchen auf, die sehr subjektiv bewertet werden können (z.B. „warme Sommerluft“), beziehungsweise bei solchen, die für die Riechstoffindustrie wenig Bedeutung besitzen, wie etwa „Computer“, den viele Menschen nicht mit Geruch assoziieren. Im Vergleich zum Jasminduft beispielsweise, der in der Duftstoffindustrie eine große Bedeutung besitzt, konnte für die unangenehmen Gerüche wie etwa „Verbranntes“ weit weniger Information in Erfahrung gebracht werden. Die Aromahersteller beschäftigen sich eher mit der Frage, wie diese Gerüche beseitigt werden können. Für Gerüche, wie der bereits erwähnte Jasmin, Kaffee oder Moder existiert hingegen eine Fülle an Informationen. Die „Modersubstanzen“ besitzen als

Aromafehler in Wein und Trinkwasser große Bedeutung, weswegen diesbezüglich beispielsweise durch *La Guerche et al.* [36] oder *Song & O'Shea* [51] Untersuchungen durchgeführt wurden. In einer Studie von *Rolls et al.* [26] wurde auf die Zusammensetzung von Jasminduft und auf Veränderungen in der Wahrnehmung bei geringfügigen Änderungen der Zusammensetzung einer Nachahmung eingegangen.

Eine Schwierigkeit stellte zum Teil auch das Einschränken auf so wenige Verbindungen dar. Kaffee, dessen Zusammensetzung hinsichtlich der Aromastoffe neben vielen anderen auch durch *Czerny & Grosch* [20] untersucht wurde, enthält weit über 850 flüchtige Verbindungen, von denen 30 bis 40 zum typischen Aroma beitragen. Weihrauch an sich ist zwar gut erforscht – Untersuchungen über die Zusammensetzung des Pyrolysates von Weihrauch wurden bereits von *Pailer et al.* [45] durchgeführt – allerdings konnte keine Verbindung, die für den Geruch prägend ist, aus den über 250 bekannten Inhaltsstoffen, die im Weihrauch und dessen Pyrolyseprodukten enthalten sind, ermittelt werden.

Dass es für viele Gerüche nicht möglich ist, sie auf so wenige Komponenten einzuschränken, wurde auch vom Experten-Panel bestätigt. Vor allem für Gerüche, wie „warme Sommerluft“, „feuchte Luft“ oder „Computer“ konnte das Panel neue Vorschläge einbringen, die sich im weiteren Verlauf des Projekts als sehr nützlich erwiesen.

Zum Herstellen der Mischungen wurden nicht alle ermittelten Verbindungen eingesetzt, einerseits aus Kostengründen, andererseits aufgrund der Bedenklichkeit mancher Stoffe (z.B. Acrolein, das für den Geruch „Verbranntes“ in Frage kam).

Beim Arbeiten mit den verschiedenen Duftstoffen war stets darauf zu achten, dass sich die Gerüche nicht überlagerten. Manche Stoffe verflüchtigten sich sehr schnell (z.B. NH_3), andere konnten sogar über mehrere Tage hinweg

wahrgenommen werden. Dies wurde besonders bei Geosmin, Methoxyisopropylpyrazin sowie Isovalerian- und Buttersäure beobachtet und machte längere Pausen zwischen den einzelnen Versuchen notwendig.

Betreffend die Mischung „Jasmin“ wurde eine Ausnahme gemacht. Hier wurden vier Einzelkomponenten verwendet, da sich schon während der Versuche herausstellte, dass alle gewählten Verbindungen einen maßgeblichen Beitrag zur Geruchsqualität leisten und auf keine verzichtet werden konnte.

Für „Kaffee“ war es sehr schwierig, die geeignete Konzentration an Furfurylthiol zu finden, da diese Verbindung in höherer Konzentration einen schwefeligen, unangenehmen Geruch verströmt, in sehr hoher Verdünnung allerdings nicht intensiv genug erschien. Letztendlich wurde eine Verdünnung von 1:50000 gewählt.

Für die Mischung „Weihrauch“ wurde aufgrund der Tatsache, dass keine character impact compounds bekannt sind, entschieden, Weihrauchöl zu verwenden, das zwar der Geruchsqualität des Pyrolysates nicht entspricht, aber zumindest einen ähnlichen Geruchseindruck liefert.

Eine besondere Herausforderung stellte auch „Urin“ dar. Für Androstenon, das häufig als maßgebend für den Uringeruch genannt wird, existieren, wie im Ergebnisteil bereits erwähnt, nicht nur interindividuelle Unterschiede in der Wahrnehmung der Intensität, sondern auch der Geruchsqualität [34]. Um die Möglichkeit zu verringern, dass der Geruch an Schweiß oder Sandelholz erinnert, wurde zur Verdünnung von Androstenon der stechend riechende Ammoniak zugesetzt. Eine eventuell auftretende spezifische Anosmie, sowie die bei Frauen zyklusabhängigen Unterschiede in der Wahrnehmung des Hormons mussten allerdings in Kauf genommen werden.

Für einige Gerüche waren die Unterschiede zwischen den verschiedenen Versuchen minimal, bei anderen standen mehrere sehr unterschiedliche

Mischungen zur Verfügung, die passend schienen, was die Auswahl natürlich erschwerte. Für „Verbranntes“ standen beispielsweise eine Verdünnung von Diethylsulfid und eine von Guajakol zur Debatte, die sich in ihrer Geruchsqualität kaum ähneln, aber dennoch beide an Verbranntes erinnern: Diethylsulfid dabei eher an verbrannten Gummi, Guajakol an verbranntes Holz oder Papier [22]. Für warme Sommerluft kamen ebenfalls sehr unterschiedliche Verbindungen in Frage. Neben der letztendlich gewählten Verdünnung von Hexenol, standen auch eine Verdünnung von Iris Absolve beziehungsweise eine Mischung aus Cumarin und Pinen in der engeren Auswahl.

Hier bestätigte sich die Ansicht des Experten-Panels, nämlich dass für einige der genannten Gerüche mehr als eine Möglichkeit existiert, den Geruch darzustellen, beziehungsweise dass es keine eindeutige Lösung gibt.

Betreffend die Befragung der Probanden, die pro Person höchstens eine Stunde dauerte, ist zu bemerken, dass nach maximal vier Geruchsproben aufgrund der Reizüberflutung eine kurze Pause eingehalten werden musste, die häufig von den Teilnehmern selbst gewünscht wurde.

Wie beabsichtigt, konnten große Differenzen für die Bewertung der Hedonik der einzelnen Gerüche verzeichnet werden. Dennoch ist zu bemerken, dass vor allem für die Kompositionen „Desinfektionsmittel“ und „Kaffee“, aber auch „Moder“ und „Kerzenduft“ starke Schwankungen zwischen den einzelnen Testpersonen auftraten. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass Gerüche meist in einem emotionalen Kontext mit den Erlebnissen stehen, die mit dem entsprechenden Duft assoziiert werden. So konnte in einigen Studien gezeigt werden, dass die hedonische Bewertung von Gerüchen von spezifischen interindividuellen Erfahrungen beeinflusst wird. *R.S. Herz* beschrieb in einem Artikel [30] eine Studie von *Mennella et al. (1995)*, in der festgestellt wurde, dass Kinder, deren Mütter während der Schwangerschaft oder Stillzeit auffällig riechende Substanzen, wie Alkohol, Knoblauch oder Zigarettenrauch, konsumierten, diese Gerüche im Vergleich zu anderen Kindern

bevorzugten. In Versuchen von *Robin et al.* [47] reagierten Probanden, die Angst vor Zahnärzten hatten, im Gegensatz zu furchtlosen, ängstlich auf den Duftstoff Eugenol.

Ein signifikanter Unterschied betreffend die Bewertung der Intensität und des Bekanntheitsgrades wurde nur zwischen den Mischungen „Erbrochenes“, die von den Probanden besonders unangenehm empfunden wurde, und „Computer“, die eher neutral bewertet wurde, festgestellt. In einer Studie von *Bensafi et al.* [17] wurde ein Zusammenhang zwischen der hedonischen Bewertung und dem Parameter Erregung festgestellt, wobei neutralen Düften weniger emotionale Bedeutung geschenkt wurde als angenehmen oder unangenehmen. Möglicherweise steht die Bewertung der Intensität hier auch im Zusammenhang damit, wie angenehm der Duft empfunden wird. Der Geruch nach Kunststoff fiel weder als angenehm noch als unangenehm auf und wurde deshalb eventuell weniger beachtet, was auch den verhältnismäßig niedrigen Bekanntheitsgrad erklären könnte. Auf „Erbrochenes“ hingegen reagierten die Probanden eindeutig mit Ablehnung.

Die Mischung „Urin“ wurde von allen Teilnehmern, die den Geruch wahrnehmen konnten, richtig benannt. Laut *Kline et al.* [34] kann Androstenon von bis zu 50 % der Bevölkerung nicht wahrgenommen werden und wird von der anderen Hälfte als schweiß- oder urinartig, zum Teil aber auch sandelholzartig empfunden. Dass der Uringeruch in dieser Studie von einem weit höheren Prozentsatz an Probanden wahrgenommen und eindeutig erkannt wurde, ist wohl auch der zusätzlichen Komponente Ammoniak zu verdanken.

Für die Darstellung des Kaffeearomas wurde nur eine Substanz verwendet. Obwohl laut Literaturrecherche 30 bis 40 Komponenten für eine authentische Darstellung notwendig sind, erzielten nur die Mischungen „Erbrochenes“ und „Desinfektionsmittel“ höhere Werte betreffend die Vertrautheit. Bis auf einen Teilnehmer erkannten alle den Geruch zumindest als kaffeeähnlich, allerdings

wiesen einige der Teilnehmer darauf hin, dass sie den Geruch als unangenehm empfanden als den gewohnten Kaffeeeruch.

„Jasmin“ wurde mehrmals nur als blumig benannt. Wie aus Gesprächen mit den Probanden allerdings hervorging, ist dies nicht zwangsweise darauf zurückzuführen, dass die Komposition dem natürlichen Jasminduft nicht ähnelt. Vielmehr war dieser Duft manchen Teilnehmern nicht als Jasminduft bekannt. Selbiges Problem trat auch für „Weihrauch“ auf. Alltäglichere Gerüche wie „Erbrochenes“, „Urin“, „Desinfektionsmittel“ oder „Kaffee“ konnten hingegen sehr präzise benannt werden.

Eine Studie von *Lapid et al.* [37] zeigte, dass eine Mischung aus einer angenehm und einer unangenehm riechenden Komponente meist eine Mittelstellung bezogen auf die Geruchsbewertung einnimmt. Die Mischung „feuchte Luft“, die neben dem für gewöhnlich als angenehm empfundenen Iris Absolve auch Geosmin enthielt, wurde im Mittel positiver bewertet als die Mischung „Moder“, für die neben Methoxyisopropylpyrazin ebenfalls Geosmin verwendet wurde. Unter der Annahme, dass Iris Absolve generell positiv bewertet wird, bestätigten sich für „feuchte Luft“ die Ergebnisse der genannten Studie. Dass als Einzelkomponente als unangenehm empfundene Verbindungen allerdings nicht zwangsweise den Geruchseindruck qualitativ verschlechtern, stellten *Rolls et al.* [26] anhand von Versuchen fest, in denen der Jasminduft nachgeahmt wurde und zum Teil mit Indol, das als Einzelsubstanz nach Fäkalien riecht und auch im natürlichen Jasminduft vorkommt, versetzt wurde. Ganz im Gegenteil wurde Indol für diesen Duft als wichtige Komponente für den Gesamteindruck erkannt. Auch die im Rahmen dieses Projekts hergestellte Jasminmischung wurde trotz der Komponente Indol neben „Weihrauch“ als eine der angenehmsten der 12 Gerüche bewertet. Nur „warme Sommerluft“ erzielte im Mittel einen noch höheren Wert.

Abschließend ist zu bemerken, dass die Ziele dieser Studie weitgehend erfüllt wurden. Bis auf eine Ausnahme konnten alle 12 ausgewählten Gerüche anhand weniger Komponenten authentisch dargestellt werden. Nur für „Weihrauch“ wurde letztendlich arabisches Weihrauchöl verwendet.

Die Kompositionen schienen den Versuchsteilnehmern zum Großteil bekannt und konnten überwiegend richtig benannt werden. Die größten Schwierigkeiten traten für die Mischung „Computer“ auf, besonders gut erkannt wurden die Mischungen „Erbrochenes“ und „Desinfektionsmittel“.

Wie beabsichtigt, wurde auch die Intensität der einzelnen Geruchskompositionen relativ ähnlich bewertet. Der größte Unterschied trat zwischen den beiden Mischungen „Computer“ und „Erbrochenes“ auf.

Hinsichtlich der Bewertung der Hedonik wurden aufgrund der diversen Geruchsmischungen große Differenzen verzeichnet. Wie erwartet, wurden die Mischungen „Erbrochenes“ und „Urin“ als sehr unangenehm empfunden, „warme Sommerluft“ bezeichneten die Versuchspersonen als die angenehmste Mischung.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen demnach, dass es möglich ist, anhand weniger Komponenten Geruchseindrücke entstehen zu lassen, die wie die tatsächlichen komplexen Umweltgerüche zu sehr unterschiedlichen sensorischen Empfindungen führen.

6 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] **Acree T., Arn H. (2009):**

<http://www.flavornet.com/>, Zugriff am 16.02.09, 17.02.09, 21.02.09

- [2] **American Apitherapy Society (2009):**

www.apitherapy.org/what-is-apitherapy/products-of-the-hive/beeswax/,
Zugriff am 16.02.09

- [3] **Ammon H.P.T. (2004):**

Hunnius – Pharmazeutisches Wörterbuch
9. Auflage
Walter de Gruyter GmbH

- [4] **Anonym:**

<http://www.alpinamed.at/de/default.asp?MenuID=77>, Zugriff am 03.06.09

- [5] **Anonym:**

http://brain.exp.univie.ac.at/03_vorlesung_ss04/bilder.htm, Zugriff am
03.06.09

- [6] **Anonym:**

<http://www.patent-de.com/20070412/DE202007000391U1.html>, Zugriff am
13.02.09

- [7] **Anonym:**

<http://www.readsnursery.co.uk/acatalog/Jasmine.html>, Zugriff am 03.06.09

- [8] **Anonym:**

<http://www.teeverband.at/cms/cms.php?pageName=89>, Zugriff am
16.02.09

-
- [9] **Anonym:**
http://www.wiener-kafeehaus.at/00_META/0_1_Aktuelles_Detail.asp?SID=86267920494430&ID=14630, Zugriff am 16.02.09
- [10] **Anonym:**
http://www.bodenwelten.de/bod_schatz/bod_humus.htm#, Zugriff am 23.02.09
- [11] **AOK – Die Gesundheitskasse Medizin:**
www.aok.de/bund/tools/medicity/diagnose.php?icd=8051, Zugriff am 22.02.09
- [12] **Axel R. (1995):**
Die Entschlüsselung des Riechens
Spektrum der Wissenschaft, Dez. 1995: 72-78
- [13] **Bauer K., Garbe D., Surburg H. (1997):**
Common Fragrance and Flavor Materials – Preparation, Properties and Uses
Third Completely Revised Edition
Wiley-VCH
- [14] **Benedetter C. (2008):**
Der Einfluss von Aromen auf das Befinden
Diplomarbeit, Universität Wien
- [15] **Belitz H.D., Grosch W., Schieberle P. (2008):**
Lehrbuch der Lebensmittelchemie
6., vollständig überarbeitete Auflage
Springer-Verlag

- [16] **Belitz H.D., Grosch W., Schieberle P. (2001):**
Lehrbuch der Lebensmittelchemie
5., vollständig überarbeitete Auflage
Springer-Verlag
- [17] **Bensafi M., Rouby C., Farget V., Bertrand B., Vigouroux M., Holley A. (2002):**
Autonomic Nervous System Responses to Odours: the Role of Pleasantness and Arousal
Chem. Senses 27: 703-709
- [18] **Boss N. (1993):**
Roche Lexikon Medizin
3. Auflage
Urban & Schwarzenberg, Verlag für Medizin
- [19] **Boyle J.A., Lundström J.N., Knecht M., Jones-Gotman M., Schaal B., Hummel T. (2006):**
On the Trigeminal Percept of Androstenone and Its Implications on the Rate of Specific Anosmia
Wiley Periodicals, Inc. (2006)
- [20] **Czerny M., Grosch W. (2000):**
Potent Odorants of Raw Arabica Coffee. Their Changes during Roasting
Journal of Agricultural and Food Chemistry, 48 (3), 868-872
- [21] **Deutsches Grünes Kreuz e.V. – Sektion Kaffee & Gesundheit (2008):**
www.kaffee-wirkungen.de/wirkungen-im-ueberblick.html, Zugriff am
16.02.09

-
- [22] **Dravnieks A. (1985):**
Atlas of Odor Character Profiles
ASTM Data Series DS 61
- [23] **Eisenbrand G., Schreier P. (2006):**
Römp Lexikon Lebensmittelchemie
2., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage
Georg Thieme Verlag KG
- [24] **Ferber C.E.M, Nursten H.E. (1977):**
The Aroma of Beeswax
J. Sci. Food Agric., 28: 511-518
- [25] **Frings S. (2003):**
<http://www.sinnesphysiologie.de/hvsinne/riechen/otrans.htm>, Zugriff am
03.06.09
- [26] **Grabenhorst F., Rolls E.T., Margot C., da Silvia M.A.A.P., Velazco M.I. (2007)**
How Pleasant and Unpleasant Stimuli Combine in Different Brain Regions:
Odor Mixtures
The Journal of Neuroscience 27 (49): 13532-13540
- [27] **Hatt H. (2004):**
Molecular and Cellular Basis of Human Olfaction
Chemistry & Biodiversity 1: 1857-1869
- [28] **Hatt H., Triller A., Boulden E. A., Churchill A., Englund J., Spehr M., Sell C.S. (2008):**
Odorant – Receptor Interactions and Odor Percept: A Chemical
Perspective
Chemistry & Biodiversity 5: 862-886

- [29] **Henning H. (1916):**
Der Geruch
Habilitationsschrift, Leipzig: Barth
- [30] **Herz R.S. (2005):**
Odor-associative Learning and Emotion: Effects on Perception and Behavior
Chem. Senses 30 (suppl 1): i250-i251
- [31] **HNO Universitätsklinik Köln, 2009:**
<http://www.medizin.uni-koeln.de/kliniken/hno/web/index.php?l=de&s=sp&ss=nnh&sss=riechen>,
Zugriff am 03.06.09
- [32] **Kay L.M., Lowry C.A., Jacobs H.A. (2003):**
Receptor Contributions to Configural and Elemental Odor Mixture Perception
Behavioral Neuroscience 117, No. 5, 1108-1114
- [33] **Kim Y., Watanuki S. (2003):**
Characteristics of Electroencephalographic Responses Induced by a Pleasant and an Unpleasant Odor
J. Physiol Anthropol Appl Human Sci 22 (6): 285-291
- [34] **Kline J.P., Schwartz G.E., Dikman Z.V. (2007):**
Interpersonal defensiveness and diminished perceptual acuity for the odor of a putative pheromone: Androstenone
Biological Psychology 74: 405-413

- [35] **Krist S., Grießer W. (2006):**
Die Erforschung der chemischen Sinne – Geruchs- und Geschmackstheorien von der Antike bis zur Gegenwart
Peter Lang - Europäischer Verlag der Wissenschaften
- [36] **La Guerche S., Dauphin B., Pons M., Blancard D., Darriet P. (2006):**
Characterization of Some Mushroom and Earthy Off-Odors Microbially Induced by the Development of Rot on Grapes
Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 9193-9200
- [37] **Lapid H., Harel D., Sobel N. (2008):**
Prediction Models for the Pleasantness of Binary Mixtures in Olfaction
Chem. Senses 33: 599-609
- [38] **Le Berre E., Béno N., Ishii A., Chabanet C., Etiévant P., Thomas-Danguin T. (2008):**
Just Noticeable Differences in Component Concentrations Modify the Odor Quality of a Blending Mixture
Chem. Senses 33: 389-395
- [39] **Matthäi M., Petereit N. (2004):**
Die Qualitätskerze
www.kerzeninnung.de/wissen/qualitätskerze, Zugriff am 13.02.09
- [40] **Müller C., Hofmann T. (2007):**
Quantitative Studies on the Formation of Phenol/2-Furfurylthiol Conjugates in Coffee Beverages toward the Understanding of the Molecular Mechanisms of Coffee Aroma Staling
Journal of Agricultural and Food Chemistry 55: 4095-4102

- [41] **Mutschler E., Geisslinger G., Kroemer H.K., Ruth P., Schäfer-Korting M. (2008):**
Arzneimittelwechselwirkungen – Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie
9., vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage
Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart
- [42] **Ohloff G. (2004):**
Düfte – Signale der Gefühlswelt
Verlag Helvetica Chimica Acta
- [43] **Ohloff G. (1992):**
Irdische Düfte – Himmlische Lust – Eine Kulturgeschichte der Duftstoffe
Birkhauser Verlag Basel
- [44] **Ohloff G. (1990):**
Riechstoffe und Geruchssinn – die molekulare Welt der Düfte
Springer-Verlag
- [45] **Pailer M., Scheidl O., Gutwillinger H., Klein E., Obermann H. (1981):**
Über die Zusammensetzung des Pyrolysates von Weihrauch „Aden“, dem Gummiharz von *Boswellia carteri* Birdw., 3. Mitt.
Monatshefte für Chemie 112: 987-1006
- [46] **Rätsch C. (2004):**
Enzyklopädie der psychoaktiven Pflanzen
AT Verlag
- [47] **Robin O., Alaoui-Ismaili O., Dittmar A., Vernet-Maury E. (1998):**
Emotional Responses Evoked by Dental Odors: An Evaluation from Autonomic Parameters
J Dent Res 77 (8): 1638-1646

-
- [48] **Roth & Kormann (1997):**
Duftpflanzen, Pflanzendüfte – Ätherische Öle und Riechstoffe
ecomed
- [49] **Silbernagl S., Lang F. (2005):**
Taschenatlas der Pathophysiologie
2., korrigierte Auflage
Georg Thieme Verlag KG
- [50] **Sigma-Aldrich Co (2009):**
<http://sigmaaldrich.com/>, Zugriff am 16.02.09, 18.02.09, 23.02.09
- [51] **Song W., O`Shea K.E. (2007):**
Ultrasonically induced degradation of 2-methylisoborneol and geosmin
Water Research 41: 2672-2678
- [52] **Storp F. (1997):**
Geruch & Gefühl – Eine empirische Studie über den Einfluß von
olfaktorischen Reizen auf Emotionen
Dissertation, Universität München
- [53] **Stroh K. (2004):**
Schadstoffe bei Brandereignissen
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (LfU)
Stand: Oktober 2004
<http://www.feuerwehr-deggendorf.de/info/download/schadstoffe.pdf>
- [54] **The Good Scent Company (2009):**
<http://thegoodscentcompany.com>, Zugriff am 08.02.09, 09.02.09, 12.02.09

- [55] **Thews G., Mutschler E., Vaupel P. (1999):**
Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen
5. Auflage
wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart
- [56] **Wallner A. (2008):**
Über die Wirkung von Duftstoffen auf die Gefühlslage gesunder Versuchspersonen
Diplomarbeit, Universität Wien
- [57] **Weber S.T., Heuberger E. (2008):**
The Impact of Natural Odors on Affective States in Humans
Chem. Senses 33: 441-447
- [58] **Wrzesniewski A., McCauley C., Rozin P. (1999):**
Odor and Affect: Individual Differences in the Impact of Odor on Liking for Places, Things and People
Chem. Senses 24: 713-721

7 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Primärgerüche [55]	9
Tabelle 2:	Versuche – Desinfektionsmittel	37
Tabelle 3:	Versuche – Computer	37
Tabelle 4:	Versuche – Kerzenduft	38
Tabelle 5:	Versuche – warme Sommerluft	39
Tabelle 6:	Versuche – Verbranntes	40
Tabelle 7:	Versuche – Jasmin	41
Tabelle 8:	Versuche – feuchte Luft	42
Tabelle 9:	Versuche – Moder	43
Tabelle 10:	Versuche – Erbrochenes	44
Tabelle 11:	Versuche – Weihrauch	45
Tabelle 12:	Versuche – Urin	45
Tabelle 13:	Versuche – Kaffee	46
Tabelle 14:	Ergebnisse – Intensität	61
Tabelle 15:	Ergebnisse – Bekanntheitsgrad	62
Tabelle 16:	Ergebnisse – Hedonik	63

8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Geruchsprisma nach Henning [29]	8
Abbildung 2:	Riechepithel – schematischer Aufbau [31].....	12
Abbildung 3:	Zentrale Verarbeitung von Geruchsinformationen [12]	13
Abbildung 4:	Signaltransduktion in Riechzellen [25]	14
Abbildung 5:	Anatomischer Aufbau des Riechsystems und die Verbindungen zu wesentlichen verarbeitenden Teilen des übrigen Gehirns [5].....	20
Abbildung 6:	indischer Weihrauch [4]	24
Abbildung 7:	Jasminum grandiflorum [7].....	27
Abbildung 8:	Vergleich der Bewertung des Bekanntheitsgrades im Mittel	66
Abbildung 9:	Vergleich der Bewertung der Intensität im Mittel.....	67
Abbildung 10:	Vergleich der Bewertung der Hedonik im Mittel	68

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen und ihre Zustimmung zur Verwendung der Bilder in dieser Arbeit eingeholt. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

9 ANHANG

9.1. Fragebogen (Auszug)

Sehr geehrter Teilnehmer, sehr geehrte Teilnehmerin!

Wir werden Ihnen gleich 12 Düfte präsentieren und bitten Sie, jeden einzelnen auf den folgenden 10-teiligen Skalen zu bewerten. Kreuzen Sie dazu bitte – möglichst spontan – die zutreffende Zahl auf jeder Skala an.

Duft 1:

Wie angenehm ist dieser Duft?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sehr unangenehm					sehr angenehm				

Wie intensiv ist dieser Duft?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
kaum wahrnehmbar _____ sehr stark									

Wie bekannt ist dieser Duft?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
völlig unbekannt _____ sehr bekannt									

Können Sie diesen Duft benennen?

☐ nein

☐ ja: _____

10 LEBENS LAUF

Persönliche Daten

<i>Name:</i>	Christiane Weißinger
<i>Anschrift:</i>	Dürnbach 3, 3252 Petzenkirchen
<i>Geburtsdatum:</i>	08.07.1986
<i>Geburtsort:</i>	Scheibbs
<i>Staatsbürgerschaft:</i>	Österreich
<i>Familienstand:</i>	ledig
<i>Religion:</i>	römisch-katholisch
<i>Eltern:</i>	Josef Weißinger (geb. 1954) & Maria Weißinger (geb. Ritzinger, 1955)
<i>Geschwister:</i>	Andrea Maria (geb. 1983), Elisabeth (geb. 1989) & Josef (geb. 1994) Weißinger

Ausbildung

<i>1992 – 1996:</i>	Volksschule Wieselburg
<i>1996 – 2004:</i>	Neusprachliches Bundesgymnasium Wieselburg
<i>Juni 2004:</i>	Matura mit Fachbereichsarbeit im Fach Chemie
<i>WS 2004/2005:</i>	Erstinskription für die Studienrichtung Pharmazie an der Universität Wien, Fakultät für Lebenswissenschaften
<i>28.11.2005:</i>	Abschluss des 1. Studienabschnitts
<i>20.04.2009:</i>	Abschluss des 2. Studienabschnitts

Berufliche Erfahrung

<i>2002 – 2004:</i>	Aushilfskraft, Café Reschinsky, Wieselburg
<i>September 2004:</i>	Praktikum Futtermittellabor Rosenau
<i>Juli 2005:</i>	Praktikum Apotheke Wieselburg
<i>August 2006, Februar 2007, September 2007 & Februar 2008:</i>	Praktikum Apotheke Purgstall
<i>Seit Dezember 2008:</i>	Apotheke Purgstall, geringfügig beschäftigt

Sprachkenntnisse

Muttersprache: Deutsch

Sonstige Sprachen: Englisch und Französisch in Wort und Schrift, Latein,
Grundkenntnisse Spanisch

Computerkenntnisse

Microsoft Office (Word, Excel)

2007: Besuch der Vorlesung *Arbeiten mit Windows: Word* und
Übungen zu Word

2007: Besuch der Vorlesung *Programmieren in Visual Basic*
und der *Übungen zu Visual Basic*