

Aus dem Institut für medizinische Psychologie der Ludwig-Maximilians-Universität München

Vorstand: Prof. Martha Merrow, PhD

Münchener Geruchstest

Entwicklung und Anwendung eines Geruchstests für Kinder und Jugendliche

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Heidi Änni Schumacher

aus

Trier

2014

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. Ernst Pöppel
Mitberichterstatter:	Priv. Doz. Dr. Klaus Stelter
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:	Prof. Dr. Matthias Laska
Dekan:	Prof. Dr. med. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR
Tag der mündlichen Prüfung:	04.12.2014

Inhalt

1. Einleitung	5
2. Material und Methoden.....	7
2.1. Die Probanden	7
2.1.1. Ausschlusskriterien	8
2.2. Der Testaufbau	8
2.3. Die Testsubstanzen.....	11
2.4. Die Testdurchführung.....	19
2.5. Statistische Methoden.....	27
3. Ergebnisse	28
3.1. Schwellenwertbestimmung.....	28
3.1.1. n-Butanol.....	28
3.1.2. 2-Phenylethanol.....	32
3.2. Hedonik und Intensität	36
3.2.1. Blank.....	37
3.2.2. Hedonik	38
3.2.2.1. Diacetyl.....	38
3.2.2.2. Galaxolide	39
3.2.2.3. (-)-Borneol	40
3.2.2.4. Androstenon.....	41
3.2.2.5. Ananas	42
3.2.2.6. Graphische Zusammenfassung	43
3.2.3. Intensität	45
3.2.3.1. Diacetyl.....	45
3.2.3.2. Galaxolide	46
3.2.3.3. (-)-Borneol	47
3.2.3.4. Androstenon.....	48
3.2.3.5. Ananas	49
3.2.3.6. Graphische Zusammenfassung	50
3.3. Präferenz.....	52
3.3.1. Präferenzen - Paarvergleiche in Matrix-Form.....	52
3.4. Diskrimination.....	56
3.5. Identifikation	64

4. Diskussion	71
4.1. Methodendiskussion	71
4.2. Ergebnisdiskussion.....	77
4.3. Einflüsse auf die Geruchsleistung.....	98
5. Zusammenfassung	102
6. Literatur.....	104
Anhang.....	110
Anschreiben an die Eltern minderjähriger Probanden	110
Einverständniserklärung der Eltern minderjähriger Probanden.....	111
Bildliche Darstellungen von Geruchsstoffen im Identifikationstest	112

1. Einleitung

Der Geruchssinn hat auf den ersten Blick eine geringere Bedeutung für den Menschen als der Sehsinn oder das Gehör. Zumeist unbewusst kann der Geruchssinn jedoch das Verhalten beeinflussen oder Gefühle hervorrufen. Schon bei der Untersuchung von Kleinkindern wurde der Einfluss des Geruchssinnes auf das Essverhalten, das Auslösen von Vermeidungsverhalten, das Schmerzempfinden (Nishitani et al. [83]), sowie das Wiedererkennen von Individuen nachgewiesen (Schmidt und Beauchamp [103]). Eine bestehende olfaktorische Dysfunktion kann auf eine schwerwiegende neurologische oder endokrinologische Erkrankung hinweisen (Richmann et al. [92], Kruggel [67], Hudson et al. [46]).

Es ist bekannt, dass der Geruchssinn einem Wandel im späteren Lebensalter unterliegt und geschlechtsspezifische Unterschiede bei dieser Sinnesmodalität bestehen. Die meisten Studien weisen eine altersbedingte Abnahme der olfaktorischen Leistung jenseits des 60. Lebensjahres und eine oft bessere Identifikationsleistung und Wahrnehmungsschwelle für weibliche Probanden im mittleren und höheren Erwachsenenalter nach (Doty [35], Hummel et al. [51]). Neben den altersbedingten Veränderungen des Geruchssinnes konnten Untersuchungen an weiblichen Probanden während des Zyklus (Doty et al. [24], Navarrete-Palacios et al. [82]) und während der Schwangerschaft (Laska et al. [73], Kölblle et al. [64]) den Einfluss von Geschlechtshormonen auf den Geruchssinn zeigen.

Bisher gibt es keinen etablierten kindgerechten Geruchstest. Kinder oder Jugendliche wurden bislang seltener als Erwachsene mit einem Geruchstest und dann nur in Bezug auf Teilleistungen wie die Sensitivität oder das Identifikationsvermögen untersucht.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, einen kindgerechten und klinisch leicht anwendbaren Geruchstest für Kinder und Jugendliche vorzustellen und diesen in der Anwendung auf Praktikabilität zu testen. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war die Suche nach Hinweisen auf spezifische Veränderungen des Geruchssinnes im Laufe der Pubertät und zwischen den Geschlechtern. Dazu wurden drei Altersgruppen, eine präpubertäre, eine pubertäre und eine erwachsene getestet. Zur Prüfung der geruchlichen Teilleistungen Sensitivität, Diskriminationsfähigkeit und Identifikationsvermögen wurde der für Erwachsene etablierte Geruchstest

„Sniffin' Sticks“ altersgerecht modifiziert. Darüber hinaus wurde in dem hier vorgestellten Geruchstest nach hedonischer Bewertung, Intensität und Präferenz für Gerüche gefragt.

Da pubertätsspezifische Veränderungen in der Bewertung von Körpergerüchen und eine seiner Komponenten (Androstenon) bekannt sind, sollte somit auch überprüft werden, ob pubertätsbedingte Veränderungen oder geschlechtsspezifische Unterschiede in der Wahrnehmung und Bewertung für weitere Düfte nachgewiesen werden können.

2. Material und Methoden

2.1. Die Probanden

Es wurden zwei Testgruppen, eine präpubertäre und eine pubertäre Altersgruppe mit dem später vorgestellten Münchner Geruchstest für Kinder untersucht. Zusätzlich wurde eine Studentengruppe als Kontrollgruppe in die Testung miteinbezogen. In der präpubertären Altersgruppe, die 49 Probanden vom sechsten bis zum Ende des elften Lebensjahres einschloss, lag der Altersdurchschnitt bei $8,23 \pm 1,39$ Jahren, im Median bei 8,08 Jahren, und es nahmen 28 weibliche und 18 männliche Kinder teil. Die Probanden stammten aus Münchner Kinderkrippen, die mit einem Anschreiben (siehe Anhang S. 110) zuerst informiert wurden und nachdem die Eltern der Testung mit einer Einverständniserklärung (siehe Anhang S. 111) zustimmten, wurden die Kinder in die Probandengruppe eingeschlossen.

Die 38 Probanden der pubertären Altersgruppe, die sich aus 18 männlichen und 20 weiblichen Probanden im Alter von vierzehn bis zum abgeschlossenen achtzehnten Lebensjahr zusammensetzten, stammten hauptsächlich aus Gymnasien in München. Ein weiterer Teil rekrutierte sich aus dem familiären Umfeld der teilnehmenden Probanden aus den Kinderkrippen, so dass Jugendliche aus allen Schulsystemen vertreten waren. Der Altersdurchschnitt in dieser Gruppe lag bei $15,78 \pm 1,11$ Jahren, im Median bei 15,63 Jahren.

Als Kontrollgruppe dienten die über 18-jährigen Probanden der teilnehmenden Gymnasien und Medizinstudenten der LMU, die im Rahmen eines Kurses an dem Institut für Medizinische Psychologie, in die Geruchstestung eingeschlossen wurden. Von den 18 Probanden waren jeweils 9 weiblich und 9 männlich, das Durchschnittsalter lag bei $22,52 \pm 5,33$ Jahren, im Median bei 21,79 Jahren.

An dem Münchener Geruchstest für Kinder nahmen damit insgesamt 105 Probanden teil, davon 49 präpubertäre (45,1%), 38 pubertäre (37,3%) und 18 erwachsene Probanden (17,6%). Bei den fünf Untertests nahmen jeweils zwischen 102 und 105 dieser Probanden teil.

Zur Vereinfachung in der statistischen und graphischen Darstellung werden die verschiedenen Altersgruppen durch Zahlen abgekürzt. Dabei entspricht:

- die präpubertäre Altersgruppe der Altersgruppe 1 (AG1)
- die pubertäre Altersgruppe der Altersgruppe 2 (AG2)
- die erwachsene Altersgruppe der Altersgruppe 3 (AG3)

2.1.1. Ausschlusskriterien

Ausschlusskriterien für die Studie waren ein akuter Infekt der oberen Luftwege, vorbekannte kognitive Einschränkungen, chronische schwerwiegende Erkrankungen oder bei den älteren Probanden langjähriger Nikotinkonsum. Bei keinem der Probanden der drei Altersgruppen war eine Störung der Geruchswahrnehmung bekannt. Bei der Geruchsprüfung wurde Wert darauf gelegt, dass in einem geruchsneutralen, gut gelüfteten Raum mit einem ausreichenden zeitlichen Abstand (mindestens eine halbe Stunde) zur letzten Mahlzeit getestet wurde. Keiner der teilnehmenden Probanden wies offensichtliche intellektuelle Einschränkungen auf: es wurden keine Kinder getestet, die unterstützende sonder- oder heilpädagogische Maßnahmen benötigten. Durch das Eingangsgespräch mit den Probanden und Vorgespräche mit den betreuenden Erzieherinnen wurde sichergestellt, dass das kognitive Niveau der jüngsten Probanden altersentsprechend war.

Durch das Erfragen von Muttersprache und Nationalität wurde der kulturelle Hintergrund eruiert, um mögliche Abweichungen im Testergebnis, vor allem in der hedonischen Bewertung, gesondert bewerten zu können.

In dem "University of Pennsylvania Smell Identification Test" wurde gezeigt, dass das Alter einen wesentlich signifikanteren Effekt auf die Fähigkeiten der Geruchsleistung hat als das Geschlecht oder ob jemand raucht (Doty et al. [27]). Deshalb wurden Raucher nicht grundsätzlich von dieser Studie ausgeschlossen.

2.2. Der Testaufbau

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, einen kindgerechten klinischen Geruchstest zu entwickeln. Als Grundlage dafür dienten die „Sniffin' Sticks“ der Firma Burghart (Burghart Elektro- und Feinmechanik GmbH, Wedel, Deutschland) und der daraus etablierte Geruchstest für

Erwachsene (Hummel et al. [48], Kobal et al [60]). Bei den „Sniffin' Sticks“ handelt es sich um wie Filzstifte aussehende Geruchsträger, die auch unbefüllt bestellt werden können. Die Stifte haben eine Länge von ungefähr 14 cm, der innere Durchmesser des zylindrischen Stiftes liegt bei 1,3 cm. Dort befindet sich ein mit Plastik umhüllter Watteträger, in den ein flüssiger Duftstoff gefüllt wurde. Dieses kostengünstige Verfahren garantiert, dass die Gerüche lange erhalten bleiben, nicht austrocknen und aufgrund einer dicht schließenden Kappe die umgebende Luft bei Testung und Lagerung nicht kontaminieren.

Die Haltbarkeit der Duftstifte wurde in dem etablierten Geruchstest für Erwachsene über 6 Monate erwiesen (Hummel [48]), Kobal [59]). In dem hier vorgestellten Geruchstest für Kinder wurden die gleichen Stifte während der ganzen Studie verwendet, die praktische Durchführung des Geruchstests dauerte vier Monate.

Der Geruchstest für Kinder wurde in Anlehnung an die „Sniffin' Sticks“ Testreihe entwickelt. Zu diesem Zweck wurde die Testreihe für Erwachsene modifiziert und um neue Untertests erweitert. Die folgenden fünf Untertests wurden in der angebenen Reihenfolge durchgeführt:

- Schwellenwertbestimmung
- Hedonik und Intensität
- Präferenz
- Diskrimination
- Identifikation

Die Dauer der Testung war an die geringere Aufmerksamkeitsspanne der jüngsten, präpubertären Altersgruppe angepasst. Dafür wurde eine Auswahl von 5 der ursprünglich 16 Diskriminationsaufgaben und von 9 der 16 Identifikationsaufgaben der etablierten „Sniffin' Sticks“ Testreihe in der hier vorgestellten Arbeit getroffen. Die Untertests Hedonik, Intensität und Präferenz sollten zusätzlich zu der etablierten Testung der Schwellenwertbestimmung, Diskrimination und Identifikation an weiteren Duftstoffen überprüfen, ob sich Veränderungen der Geruchswahrnehmung im Laufe der Pubertät oder zwischen den Geschlechtern abzeichnen. Übergeordnet sollte mit der kompletten Testreihe eine kindgerechte Form der Geruchstestung ermöglicht werden.

Aufgrund des hohen Zeitaufwandes hätte die vollständige Testung der „Sniffin' Sticks“ Testreihe, die für Erwachsene konzipiert wurde, zu hohe Anforderungen an die Konzentrationsfähigkeit der Kinder gestellt hätte und damit eventuell schlechtere Ergebnisse ermittelt, ohne die Riechleistung der Kinder und Jugendlichen in adäquater Form zu bewerten.



Abbildung 1 Die Testsituation

Zur Testung saßen sich Proband und Versuchsleiterin an einem Tisch gegenüber. Die im Karton befindlichen Duftstifte waren vom Probanden durch einen Sichtschutz (den Deckel des „Sniffin' Sticks“ Kartons) nicht einzusehen. Über den Sichtschutz hinweg wurde der zu testende Duftstift dem Probanden angeboten. Dazu entfernte die Versuchsleiterin die Kappe des Duftstifts und hielt die Spitze des „Sniffin' Sticks“ dem Probanden 3 Sekunden lang in circa 3 cm Abstand mittig unter beide Nasenlöcher. Beim Riechen an den Duftstiften sollte gewährleistet sein, dass der Proband ruhig sitzt, indem er den Kopf auf die Hände abstützt. Nach der Geruchsdarbietung wurde der Stift sofort wieder verschlossen. Sinnvoll war diese Art der Probenapplikation nicht nur durch sein etabliertes Verfahren und die leichte Handhabung, sondern auch weil die Geruchsträger wie Filzstifte aussehen. Sie waren somit für Kinder ein bekannter Alltagsgegenstand, so dass keine „Berührungsängste“ aufkamen. Ein

weiterer Vorteil dieser Duftstifte war, dass die Versuchsleiterin die Stifte den Probanden unter die Nase halten konnte. Dadurch wurde die Gefahr der Hautkontamination durch Berühren mit dem Duftstift minimiert. Die Duftstifte wurden in einem Pappkarton geliefert und steckten am Boden des Kartons in ausgestanzten Löchern. Damit wurde für die Versuchsleiterin eine sichere und leichte Handhabung des Geruchstests gewährleistet, weil sich die Duftstifte und jeweiligen Testreihen immer am gleichen Ort in der gleichen Reihenfolge befanden. Der Pappkarton, in dem die Duftstifte aufbewahrt wurden, konnte mühelos in einem Koffer zu den verschiedenen Orten, an denen getestet wurde, transportiert werden. Die Kontamination der Raumluft war bei diesem Testverfahren vernachlässigbar.

2.3. Die Testsubstanzen

Es wurden 30 verschiedene Duftstoffe in dem Geruchstest für Kinder verwendet, die nun vorgestellt werden. Für die Düfte aus der „Sniffin' Sticks“ Testreihe wurde von der Herstellerfirma Burghart eine Unbedenklichkeitsbescheinigung ausgestellt. Die Auswahlkriterien der Duftstoffe richteten sich nach Ungiftigkeit, Haltbarkeit, Alltagsrelevanz und Bekanntheitsgrad der Substanzen. Es wurden auch Duftstoffe in die Testung einbezogen, bei denen bisher nur vermutet wurde, dass sich die hedonische Bewertung im Verlauf der Pubertät ändern könnte.

Als Lösungsmittel der Düfte für die selbst angesetzten Duftstifte diente Diethylphthalat (DEP), eine farblose Flüssigkeit fast ohne Eigengeruch. Die Vorteile dieses Stoffes sind seine hervorragenden Lösungseigenschaften für die verwendeten Substanzen, seine Ungiftigkeit, sein hoher Siedepunkt und damit gutes Fixierungsverhalten für Duftstoffe, sowie dass er preisgünstig zu erhalten ist. Da organisches Leben in diesem Stoff unmöglich ist, konnte eine bakterielle Kontamination ausgeschlossen werden.

Die Konzentrationen der Duftstoffe, mit denen die Duftstifte befüllt wurden, musste vorher durch ein „Intensitätsmatching“ bestimmt werden (ASTM [1]). Dazu wurden zehn verschiedene Probanden (Institutsmitarbeiter, die auch schon bei vorherigen Studien an einem Intensitätsmatching teilgenommen haben) gebeten, jeden der selbst abgefüllten Stifte in der Intensität zu bewerten, bis er einer Referenzlösung, hier der subjektiven Intensität von zwei-prozentigem n-Butanol, entsprach.

Die Duftstoffe (sowie bei selbst angesetzten Duftstoffen die verwendete Konzentration) werden im Folgenden für jeden Untertest aufgeführt. Die frisch angesetzten Duftstoffe wurden in unbefüllte Stifte, die mit der „Sniffin' Sticks“ Testreihe von der Firma Burghart bestellt werden konnten, gefüllt. Äußerlich besteht kein Unterschied zwischen den Stiften der „Sniffin' Sticks“ Testreihe und den selbst präparierten Duftstiften.

Erster Untertest: „Schwellenwertbestimmung“

In dem ersten Untertest wurde die geruchliche Wahrnehmungsschwelle für n-Butanol und 2-Phenylethanol (PEA) bestimmt. Für diesen Untertest wurden Stifte aus dem Schwellentest der „Sniffin' Sticks“ Testreihe verwendet.

n-Butanol

CAS-Nr: 71-36-3

n-Butanol gilt als die Standardsubstanz der geruchlichen Schwellenwertbestimmung und zeichnet sich durch hedonische Neutralität und einen leichten trigeminalen Reizanteil aus. Sein Geruch hat einen qualitativ schwer zu beschreibenden weinähnlich, alkoholischen Charakter, am ehesten noch als „chemisch“ zu bezeichnen (Arctander [3]). Das natürliche Vorkommen dieser Substanz ist vielfältig, man konnte es unter anderem in Pfefferminzöl, Tee, Apfelaroma, Papaya, Parmesan, Armagnac, Rum und Cidre nachweisen (Burdock [14]).

2-Phenylethanol (PEA)

CAS-Nr: 60-12-8

2-Phenylethanol wird als Prototyp eines reinen Olfaktoriereizstoffes ohne trigeminalen Reizanteil in der Riechforschung eingesetzt. Qualitativ ist es ein warmer, blumiger, rosenähnlicher Duft. 2-Phenylethanol wurde natürlich vorkommend in ätherischen Ölen der Rosaceae-Familie nachgewiesen und in Spuren auch in Lebensmitteln (Apfel, Butter, Safran, Bourbon Vanille, et cetera).

Zweiter Untertest: „Hedonik & Intensität“

Der Untertest Hedonik und Intensität wurde mit selbst angesetzten Duftstoffen, mit denen die „Sniffin' Sticks“ befüllt wurden und mit einem Bestandteil des menschlichen Schweißgeruches (Androstenon) durchgeführt.

Diacetyl

CAS-Nr: 431-03-8

(Hersteller: Sigma-Aldrich Chemie, in der Konzentration 1:10 000 DEP, mit 4ml den Duftstift befüllt)

Von Diacetyl geht ein kräftiger, diffuser bis stechend scharfer „butteriger“ Geruch aus. In hochkonzentrierter Form riecht es milchsauer-vergoren, wobei die hedonische Bewertung von angenehm bis unangenehm reichen kann. Dieses Keton ist in der Natur meist nur in Spuren, jedoch weit verbreitet zu finden: in ätherischen Ölen, Milchprodukten, Fleisch und Früchten. Als Geschmacksverstärker oder Aromastoff findet es Anwendung hauptsächlich bei der Herstellung von Milchprodukten (Arctander [3]).

Galaxolide

CAS-Nr: 1222-05-5

(Hersteller: Sigma-Aldrich Chemie, 2g Galaxolide mit 5ml DEP gelöst, davon mit 4ml den Duftstift befüllt)

Galaxolide ist entweder als eine fast farblose, visköse Flüssigkeit oder in kristalliner Form erhältlich. Der Geruch ist moschusartig, hölzern und leicht süßlich mit einer geringen Flüchtigkeit. Aufgrund des geringen Preises erfreut es sich einer immer stärker werdenden Popularität und eines steigenden Bedarfs in der Kosmetikindustrie zur Herstellung von Körperpflegemitteln und Parfums. (Arctander [3]).

(-)-Borneol

CAS-Nr: 464-45-9

(Hersteller: Sigma-Aldrich Chemie, 1g (-)-Borneol gelöst mit 25ml DEP, weitere Verdünnung mit 1:10 hergestellt, davon mit 4ml den Duftstift befüllt)

Das in diesem Test verwendete (-)-Borneol hat einen Kampfer-ähnlichen Geruch, das in der vorliegenden Intensität auch eine Assoziation von Mottenkugel hervorrufen kann. Es wird

hauptsächlich in Duftölen und Raumsprays verwendet. Dieser Duft konnte in mehr als 250 Destillaten von Pflanzen, Kräutern, Blättern und Baumrinden identifiziert werden (Arctander [3], Burdock [14]).

Androstenon

CAS-Nr: 18339-16-7

(Hersteller: Sigma-Aldrich Chemie, 5mg Androstenon mit 2ml DEP gelöst, anschließend davon 500µl entnommen. Androstenon wurde als einziger Duft nicht in die „Sniffin' Sticks“ gefüllt, sondern wurde in einem braunen Glasfläschchen angeboten, bei dem der Deckel zur Duftdarbietung entfernt wurde)

In diesem Untertest wurde das Steroid 5 α -Androst-16-en-3-on als Duftstoff verwendet. Das Keton 5 α -Androst-16-en-3-on (Androstenon), aber auch der Alkohol 5 α -Androst-16-en-3-ol (Androstenol) haben eine geruchliche Ähnlichkeit zu männlichem Unterarmschweiß. 5 α -Androstenon wird jedoch auch durch einen urin- oder sandelholzartigen Geruch beschrieben (Amoore et al. [2], Kohl et al. [66]).

Diese volatile Substanz wird über Körperflüssigkeiten ausgeschieden und ist im Blut (Brooksbank et al. [11]), Speichel (Bird und Gower [9]), menschlichen Schweiß (Claus und Alsing [18]) und im Urin (Brooksbank und Haslewood [12]) zu finden.

Androstenon ist beim Schwein als Pheromon wirksam. Beim Menschen ist der Nachweis, dass Androstenon als Pheromon wirkt, noch nicht eindeutig erbracht. Pheromone sind chemische Signale, die den Individuen einer Spezies als Kommunikationsmittel dienen und die das Verhalten beeinflussen können (Hummel et al. [49]). Sie können bei Artgenossen eine physiologische Reaktion (z.B. Hormonausschüttung) hervorrufen und man vermutet, dass sie dem Menschen als ein zumeist unbewusstes Kommunikationsmittel dienen (Kohl et al. [66]). Bei Säugetieren ist die Wirkung der Pheromone auf das Hormonsystem langjährig untersucht: sie unterdrücken oder beschleunigen den Östrus, können den Pubertätsbeginn beschleunigen oder verhindern Schwangerschaften (Preti und Wysocki [87]).

Ananas

Aus dem Identifikationsteil der „Sniffin' Sticks“ Testreihe wurde der Stift Nr. 13 ausgewählt. Zu der Zusammensetzung des Duftes und dessen Konzentration kann keine Aussage getroffen werden, weil diese dem Betriebsgeheimnis der Firma Burghart unterliegt. Dieser Duftstift

ruft mit der fruchtig-süßen Duftqualität neutrale bis positive hedonische Bewertungen hervor.

Blank

Der Blank enthält keinen Duftstoff und wurde aus der n-Butanol Schwellentestung der „Sniffin' Sticks“ Testreihe entnommen. Ein Stift wurde zu Beginn der Testung ausgewählt, der dann bis zum Abschluss der Versuche beibehalten worden ist.

Dritter Untertest: „Präferenz“

Die Präferenzbewertung wurde mit selbst angesetzten Duftstoffen, mit denen die „Sniffin' Sticks“ befüllt wurden, erfragt.

Kaffee

(Hersteller: Dragoco-Kopiko Kaffeearoma Nr. 9034416, unverdünnt mit 4ml den Duftstift befüllt.)

Die genaue Identifizierung der Bestandteile des Kaffeearomas ist bisher nicht gelungen, es sollen zu dem Geruch von gerösteten Kaffeebohnen mehr als 1000 Komponenten beitragen. Diese flüchtigen Substanzen sind unter anderem Pyrazine, Aldehyde, Furane, Azide und Thiole (Burdock [14]). Die Duftqualität der hier von Dragoco, jetzt Symrise (Symrise AG, Holzmin-den, Deutschland) verwendeten Substanz, bei der als Hauptlösungsmittel Propylenglycol diente, wird mit gerösteten und caramelligen Noten beschrieben und aus natürlichen und naturidentischen Stoffen synthetisiert.

Jasmin

(Hersteller Spinnrad, von der Verdünnung 1:50 DEP mit 4 ml den Duftstift befüllt)

Für diesen Duft wurde ein ätherisches Jasminöl der Firma Spinnrad verwendet, welches durch eine warme, intensiv blumige, parfumhafte Note charakterisiert ist. Es findet Anwendung in nicht-alkoholischen Getränken, Eiscreme, Süßigkeiten und Backwaren Das ätherische Öl, das aus Jasmin in einem speziellen Destillationsverfahren gewonnen wird, enthält Alkohole (Nerolidol, Terpeneol, etc.), Benzaldehyde, Benzylacetate, Linalyl-Acetat, Phenole (Eugenol), Acide und Ketone (Arctander[3], Burdock [14]).

Benzaldehyd

CAS-Nr: 100-52-7

(Hersteller: Merck, von der Verdünnung 1:100 DEP mit 4ml den Duftstift befüllt)

Benzaldehyd ist eine farblose Flüssigkeit, die durch einen kräftigen, süßen Geruch charakterisiert wird. In verdünnter Form hat sie einen aromatischen, süßen und an frisch gehackte, bittere Mandeln erinnernden Geruch. Es handelt sich um den Hauptbestandteil der Geschmacks- und Geruchskomponenten von Marzipan (Arctander [3], Burdock [14]).

Anethol

CAS-Nr: 4180-23-8

(Hersteller Merck, von der Verdünnung 1:20 DEP mit 4ml den Duftstift befüllt)

Anethol wird im vierten Untertest Diskrimination beschrieben.

Morillo

CAS-Nr: 3391-86-4

(Hersteller: BASF, von der Verdünnung 1:50 DEP mit 4ml den Duftstift befüllt)

Es handelt sich um eine klare, farblose Flüssigkeit, deren Geruch als pilzartig, intensiv, erdig mit einer leichten lavendelartigen Note und geringer Flüchtigkeit beschrieben wird. Das natürliche Vorkommen ist vielfältig: Pilze, Früchte (Bananen, Melone, Johannisbeere), Gemüse (Spargel, Tomate), Fleisch-/Käsesorten, Fisch, Kaffee, Tee, ätherische Öle. Es wird als künstlicher Aroma- und Geschmacksstoff verwendet, sowie in der Kosmetikindustrie zur Parfumerstellung von herben, erdig-würzigen Düften, vor allem von Männer-Parfums benutzt (Burdock [14]).

Vierter Untertest: „Diskrimination“

Für diesen Untertest wurden Stifte aus der Diskriminationsaufgabe der „Sniffin' Sticks“ Testreihe verwendet.

Octylacetat

CAS-Nr: 103-09-3

Octylacetat ist eine farblose Flüssigkeit, die sich durch einen fruchtigen Geruch auszeichnet, der an Neroli oder Jasmin erinnert. Hinzu kommt eine leichte grüne, apfelähnliche Note, die im Unterton fast schon hölzern wird. Dieses Acetat findet als künstliches Aroma in der Lebensmittelindustrie oder in Parfumkompositionen Anwendung und hat eine hohe Flüchtigkeit mit einer trigeminalen Reizkomponente. Sein natürliches Vorkommen sind unter anderem ätherische Öle oder Schalen verschiedener Zitrusfrüchte (Arctander [3], Burdock [14]).

Zimtaldehyd

CAS-Nr: 104-55-2

Zimtaldehyd riecht warm-würzig, balsamhaft und hat eine ausgeprägte Note, die an Zimt erinnert. Natürlich kommt es in der Rinde von Zimtbäumen/–blättern und ätherischen Ölen vor und zeichnet sich durch eine geringe Flüchtigkeit und eine anhaltende Süße aus. Beigegeben wird es unter anderem zu Kaugummi, Süßigkeiten und alkoholischen Getränken (Arctander [3], Burdock [14]).

Isoamylacetat

CAS-Nr 123-92-2

Isoamylacetat zeichnet sich durch einen betont fruchtig-frischen, süßlichen Geruch aus. Qualitativ wird es als ein Duftstoff beschrieben, der zwischen Banane und Lösungsmittel liegt und der durch seine Penetranz auch leicht Übelkeit hervorrufen kann. Isoamylacetat ist sehr flüchtig und erinnert verdünnt an Banane, Apfel oder Birne. Es weist neben der für die meisten Menschen positiven hedonischen Bewertung einen trigeminalen Reizanteil auf. In der Nahrungsmittelindustrie wird es als Aromastoff verwendet (beispielsweise in Weingummi) und kommt natürlich in vielen verschiedenen Früchten und Nahrungsmitteln vor (Arctander [3], Burdock[14]).

Anethol

CAS-Nr: 4180-23-8

Anethol ist eine farblose, leicht ölige Flüssigkeit, von der ein charakteristischer anisähnlicher, sehr süßer und warm-würziger Duft ausgeht. Als Prototyp des Anisgeruchs findet es in Haushaltsprodukten, Seifen und Parfums Verwendung und wird auch als Hauptgeruchsträger von Anis in alkoholischen Getränken (französischem Anisette) und Lebensmitteln verwendet.

Charakteristisch ist seine trigeminale Reizkomponente. Das natürliche Vorkommen von Anethol ist vielfältig, beispielsweise in Anis, Nelke oder Zimt (Arctander [3], Burdock [14]).

Eugenol

CAS-Nr: 97-53-0

Eugenol ist eine ölige, farblose oder helle Flüssigkeit, die mit einer kräftigen, warm-würzigen, aromatischen Note der Hauptgeruchsträger der Gewürznelke ist. Der würzig-aromatische Duftstoff ist in der westlichen Kultur weit verbreitet (Weihnachtsgebäck, Punsch) und weist eine eindeutige trigeminale Komponente auf. In der Natur kommt Eugenol in den flüchtigen Ölen vieler Pflanzen und Gewürze vor, wie Gewürznelkenöl oder Zimtblattöl (Arctander [3], Burdock [14]).

Carvon

Die zwei Enantiomere von Carvon unterscheiden sich in der geruchlichen Qualität.

dextro(+)-Carvon (CAS-Nr: 2244-16-8) ist eine farblose oder helle, leichtgelbe Flüssigkeit, die mit ihrem warmen, würzigen und leicht blumigen Geruch an Kümmel oder Dillsamen erinnert.

laevo(-)-Carvon (CAS-Nr: 6485-40-1) ist eine farblose Flüssigkeit, von der ein durchdringender, diffuser, würzig-warmer Geruch ausgeht, der bei den meisten Personen eine Assoziation an Pfefferminz hervorruft. Es kann synthetisch oder aus dem ätherischen Öl der Pfefferminze hergestellt werden und findet häufig als Geschmacksgeber in Zahnpasta, Kaugummi, Süßigkeiten, etc. Verwendung.

Natürlich kommen die beiden Isomere in über 70 ätherischen Ölen vor (Arctander [3], Burdock [14]). Beide Formen sind in unserem Kulturkreis weit verbreitet und daher gut identifizierbare Gerüche mit einem trigeminalen Reizanteil.

Fünfter Untertest: „Identifikation“

Für die an letzter Stelle durchgeführte Identifikationsaufgabe wurde eine Auswahl von neun Stiften aus der „Sniffin' Sticks“ Testreihe getroffen: Stift Nr. 6 (Duftsubstanz Zitrone), Nr. 3 (Duftsubstanz Zimt), Nr. 2 (Duftsubstanz Leder), Nr. 5 (Duftsubstanz Banane), Nr. 11 (Duftsubstanz Apfel), Nr. 16 (Duftsubstanz Fisch), Nr. 10 (Duftsubstanz Kaffee), Nr. 7

(Duftsubstanz Lakritz), Nr. 14 (Duftsubstanz Rose) wurden in der hier aufgeführten Reihenfolge angeboten. Die dabei verwendete Komposition der Substanzen für einen definierten Duft und dessen Konzentration unterliegt dem Betriebsgeheimnis der Firma Burghart.

2.4. Die Testdurchführung

Zu Beginn der Testung wurde mit den Probanden ein kurzes Gespräch geführt, indem sie über ihre Erfahrungen mit dem Geruchssinn berichten sollten. Die Frage, was man bei einer Erkältung noch schmecken kann, sollte den Probanden bewusst machen, dass ein Geschmackserlebnis vom Geruch bestimmt wird. Die Zunge kann mit ihren Geschmacksknospen nur zwischen fünf Geschmacksqualitäten unterscheiden. Durch das einführende Gespräch sollte bei den Probanden Neugierde geweckt werden, den Geruchssinn gezielt mit diesem Test zu entdecken.

Die persönlichen Daten des jeweiligen Probanden wurden in dem Protokollbogen notiert. Durch das Erfragen von Muttersprache und Nationalität wurde der kulturelle Hintergrund erfragt, um eventuelle Abweichungen der hedonischen Bewertung gesondert betrachten zu können.

Dann wurde der eigentliche Geruchstest durchgeführt, der ungefähr dreißig Minuten in Anspruch nahm. Die Versuchsleiterin stellte den Test vor und präsentierte dem Probanden einen Duftstift, um ihn mit der Handhabung der Stifte vertraut zu machen. Um sicher zu gehen, dass alle Probanden die gleichen Informationen über den Geruchstest und die Testdurchführung erhielten, wurde ein standardisierter Text vorgetragen:

„Liebe/r ..., herzlichen Dank, dass Du bei dem Schnuppertest für Kinder mitmachst. Der Geruchstest besteht aus verschiedenen Teilen, die ich Dir anschließend kurz erklären werde.

Zum Testen Deiner Nase werde ich Dir verschiedene Duftstifte anbieten (Duftstift zeigen), die ich Dir dazu kurz unter die Nase halten werde. Dazu bitte ich Dich, Dein Gesicht auf den Händen abzustützen (Demonstration der Versuchsleiterin), um sicher zu gehen, dass Du die Duftstifte nicht aus Versehen mit der Nase berührst. Jetzt werde ich Dich den ersten Duft erriechen lassen (Proband am Stift riechen lassen).

Die Versuchsleiterin überzeugte sich, dass der Proband sicher den Kopf auf die Hände abgestützt hatte, damit der Duftstift in circa 3 cm Abstand unter die Nase gehalten werden konn-

te. Der Proband konnte durch mehrmaliges leichtes oder durch einmaliges kräftiges Einatmen durch die Nase den Duft riechen. Der Duftstift wurde genau mittig unter die beiden Nasenlöcher positioniert, meist drehte der Proband automatisch das präferierte Nasenloch etwas zur Geruchsquelle hin.

Beschreibung des ersten Untertests: „Schwellenwertbestimmung“

Beim Geruchssinn kann eine Wahrnehmungsschwelle und eine Erkennungsschwelle unterschieden werden. Die niedrigste Konzentration einer Substanz, bei der eine Geruchsempfindung eintritt, ohne diese klassifizieren oder den Duftstoff benennen zu können, wird als Wahrnehmungsschwelle bezeichnet. Die niedrigste Konzentration, bei der zusätzlich eine Beschreibung der Geruchsqualität gegeben werden kann, wird als Erkennungsschwelle definiert (Kruggel [67]).

In diesem Untertest sollte die Wahrnehmungsschwelle für n-Butanol und 2-Phenylethanol ermittelt werden. Dazu wurden beide Duftstoffe als Target in 16 Stiften in abnehmender Konzentration angeboten. Die 32 Blanks enthielten keinen Duftstoff. Die Target-Substanz begann mit einer 4% Verdünnung und wurde absteigend in jeder Verdünnungsstufe halbiert. Zur Testung einer Verdünnungsstufe wurde dem Probanden immer ein Tripletts angeboten, das sich aus einem Target und zwei Blanks zusammensetzte.

Zur Durchführung des Tests wurden die Probanden zuerst mit dem Duft von n-Butanol vertraut gemacht. Dazu wurde der Stift mit der höchsten Konzentration (Stift Nr. 1) angeboten. Danach begann die eigentliche Testung: es wurde dem Probanden im Abstand von fünf Sekunden jeder Stift eines Tripletts angeboten. Nur ein Stift von den drei angebotenen enthielt den Duftstoff, die beiden anderen waren die Blanks. Die Aufgabe des Probanden war es, den nach n-Butanol riechenden Stift zu identifizieren. Eine Pause von dreißig Sekunden wurde zwischen der Testung der verschiedenen Tripletts eingehalten. Die Versuchsleiterin wechselte zufällig in jeder Verdünnungsstufe die Reihenfolge, in der das Target und die Blanks angeboten wurden. In einem Forced-Choice Verfahren musste der Proband in jeder Verdünnungsstufe den Stift aussuchen, der seiner Meinung nach den Duftstoff enthielt. Jede Stufe wurde zweimal getestet und die richtigen und falschen Antworten notiert. Um ein zeitintensives, und somit für die jüngsten Probanden langweiliges und frustrierendes Austesten zu vermeiden, wurde die Testung mit der Verdünnungsstufe 7 begonnen. Mit der nächsthö-

ren Verdünnungsstufe 8 (niedrigere Konzentration) wurde die Testung fortgesetzt, falls die vorherige Stufe 7 zweimal richtig erkannt wurde. So wurden die absteigenden Stufen getestet, bis der Proband zweimal den Duftstift nicht richtig erkannt hatte. Daraufhin wurde nochmal die vorherige Stufe getestet, die von dem Probanden noch richtig erkannt wurde. Als Wahrnehmungsschwelle wurde die Verdünnungsstufe definiert, die mit diesem Verfahren viermal hintereinander als richtig erkannt wurde. Falls zu Beginn der Testung die Verdünnungsstufe 7 nicht erkannt worden war, wurde das gleiche Verfahren mit der stärkeren Konzentration, der Stufe 6 durchgeführt. Mit dieser Methode wurde die Testung fortgesetzt, bis der Proband das Target viermal hintereinander richtig erkannte. Auf diese Weise wurde zuerst die Wahrnehmungsschwelle für n-Butanol und dann die für 2-Phenylethanol bestimmt.

Für die Probanden erläuterte die Versuchsleiterin:

„Mit dem ersten Test möchte ich herausfinden, wie empfindlich deine Nase ist, das heißt, ab wann Du einen feinen, ganz leichten Duft riechen kannst. Dazu werde ich Dir drei Duftstifte unter die Nase halten, nur einer dieser Stifte hat einen leichten Duft – die beiden anderen Stifte riechen nach nichts. Damit Du weißt, um welchen Duft es geht, halte ich Dir jetzt diesen Duftstift in einer starken Konzentration unter die Nase.“ (Stift Nr. 1 riechen lassen) *„Jetzt geht es los mit dem Test“* (zu jedem Stift ansagen) *„Das ist Stift Nr. 1“, „Stift Nr. 2“, „Stift Nr. 3“* (nachdem das Triplet einer Stufe angeboten wurde) *„Welcher Stift enthält den Duft?“*

Beschreibung des zweiten Untertests: „Hedonik & Intensität“

Da dieser Test interaktiver war, wurde er nach dem für die jüngeren Probanden möglicherweise ermüdenden Schwellenwertbestimmung durchgeführt. Dem Probanden wurden fünf verschiedene Duftstifte angeboten. Zu jedem der angebotenen Düfte wurden vier Fragen gestellt. Zuerst gab der Proband an, ob er den Duftstoff wahrnehmen konnte. Falls nicht, wurde der Test mit dem nächsten Duftstoff fortgesetzt. Zu jedem Duft wurde die hedonische Bewertung evaluiert; hierzu wurde dem Probanden eine Abbildung vorgelegt, die in Anlehnung an die Skala von Chen und Resurreccion [17] sieben vereinfachte, an Smileys oder Mickey Mouse erinnernde Gesichter abbildete, denen sieben hedonische Bewertungen („superschlecht“, „wirklich schlecht“, „schlecht“, „weder gut noch schlecht“, „gut“, „wirklich gut“, „supergut“) zugeordnet und unter dem jeweiligen Bild notiert worden sind (Abbildung

2). Den einzelnen hedonischen Bewertungen entsprachen die Zahlen von -3 („super-schlecht“) über 0 („weder gut noch schlecht“) bis +3 („supergut“) auf dem Protokollbogen und wurden mit dem Zahlenwert notiert.

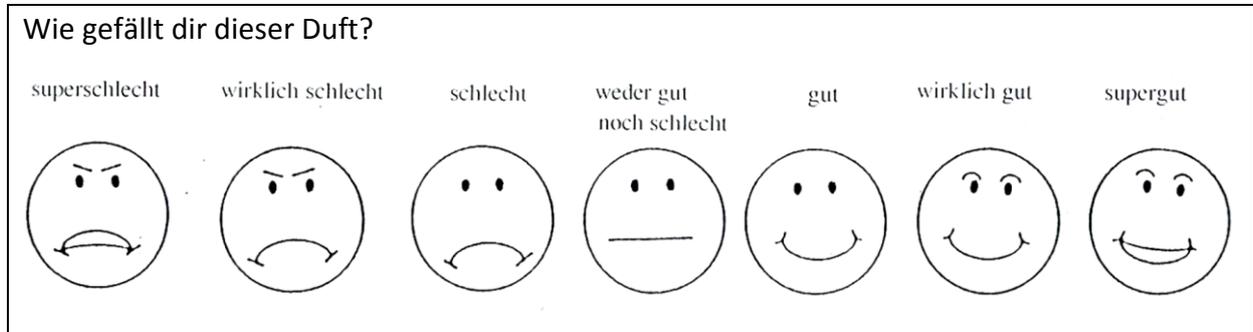


Abbildung 2 Bewertungsskala zur hedonischen Testung: Gesichtsskala nach Chen und Resurreccion [17]

Um die Frage nach der empfundenen Intensität zu beantworten wurde eine Skala, die sich in Einser Intervall Schritten von „1“ bis „9“ gliederte, dem Probanden vorgelegt; dabei stand der Zahlenwert „1“ für „am schwächsten“, während „9“ „am stärksten“ bedeutete (Abbildung 3).

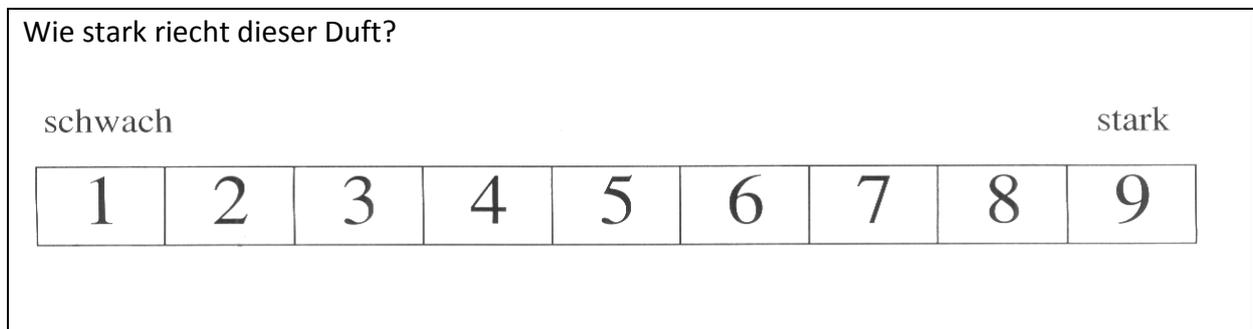


Abbildung 3 Bewertungsskala zum Intensitätstest

Danach sollte der Proband Assoziationen zu dem Duft äußern oder versuchen, ihn mit Adjektiven zu beschreiben. Die letzte Frage zielte darauf, ob es für den Probanden möglich war, den Duft zu identifizieren. Bei jedem Probanden wurde eine zufällige Reihenfolge getroffen, in der die verschiedenen Duftstifte angeboten wurden.

Die Versuchsleiterin erklärte zu diesem Untertest:

„Jetzt kommt der zweite Teil. Ich biete Dir immer einen Duft an und würde gerne wissen, ob Du diesen Duft riechen kannst. Wenn ja, würde ich gerne erfahren, wie gut Dir dieser Duft gefällt und wie stark Du ihn findest. Um diese Fragen leichter zu beantworten, gebe ich Dir diese Blätter“ (Hedonikskala vor den Probanden legen) *„Das Blatt mit den an Mickey Mouse erinnernden Gesichtern soll Dir helfen, zu sagen, wie gut dieser Duft für dich riecht. Das lachende Gesicht ganz rechts“* (dem Proband zeigen) *„ist für die Düfte, die Du supergut findest. Auf das nächste Gesicht kannst Du zeigen, wenn Du den Duft gut findest, aber nicht so gut wie den Duft ganz rechts. Auf das Gesicht in der Mitte zeigst Du, wenn Du den Duft weder gut noch schlecht findest. Je weiter Du dann nach links gehst, desto schlechter findest Du den Duft. Das Gesicht ganz links gibst Du an, wenn Du den Duft superschlecht findest. So kannst Du zu jedem Duft mit dem Finger auf die jeweils passende Antwort zeigen.“* Nach Beendigung der Hedonikstestung wurde die Intensitätsskala vor den Probanden gelegt. *„Mit dem nächsten Blatt kannst Du beantworten, wie intensiv oder stark ein Duft riecht. Die „1“ steht für einen Duft, der ganz schwach riecht und die „9“ für einen Duft, der am stärksten riecht. Die Frage, wie stark ein Duft riecht, beantwortest Du bitte mithilfe dieses Blatts.“* (Skalen vor Proband liegen lassen) *„Abschließend möchte ich Dir sagen, dass es in diesem Test auch vorkommen kann, dass ein Stift nicht riecht.“*

Es wurde zu jedem Duft, der nacheinander angeboten worden ist, noch mal explizit gefragt: *„Riechst Du diesen Stift?“, „Wenn ja, wie gut findest Du diesen Duft?“, „Wie stark riecht dieser Duft?“, „Was fällt Dir zu diesem Duft ein, woran erinnert er Dich?“, „Weißt Du vielleicht, wie dieser Duft heißt?“*

Beschreibung des dritten Untertests: „Präferenz“

In diesem Untertest wurden Präferenzen für fünf verschiedene Duftstoffe ermittelt: Marzipan, Jasmin, Anis, Kaffee und Pilz. Die Geruchspräferenz wurde durch eine Zweifach-Wahl ermittelt. Den Probanden wurde ein Duftpaar präsentiert, und sie sollten sich in einem Forced-Choice Verfahren für einen der beiden als den bevorzugten und angenehmeren Duft entscheiden. Es wurde jeder der fünf Stifte mit jedem kombiniert, so dass insgesamt zehn Kombinationsmöglichkeiten angeboten worden sind. Ein Duftpaar wurde auf Wunsch auch

zweimal angeboten. Die Reihenfolge der angebotenen Duftpaare wurde vor jeder Testung durch Losverfahren variiert.

Jede einzelne Substanz war an vier dieser zehn Paarvergleiche beteiligt (vgl. Abbildung 4). An diesem Test nahmen 103 der 105 Probanden teil. Mit den 103 Probanden wurden folglich 1030 Präferenzvergleiche durchgeführt.

Die Versuchsleiterin erklärte zu diesem Untertest:

„Jetzt würde ich gerne testen, welcher Duft von zwei verschiedenen Düften für Dich besser riecht. Ich werde Dich an den zwei verschiedenen Düften nacheinander riechen lassen und Du sagst mir dann, welchen Duft Du besser findest.“ (Jeder Stift wurde explizit angesagt) *„Hier ist Stift Nr. 1“, „hier ist Stift Nr. 2“* (danach wurde gefragt) *„Welcher Duft riecht besser?“*

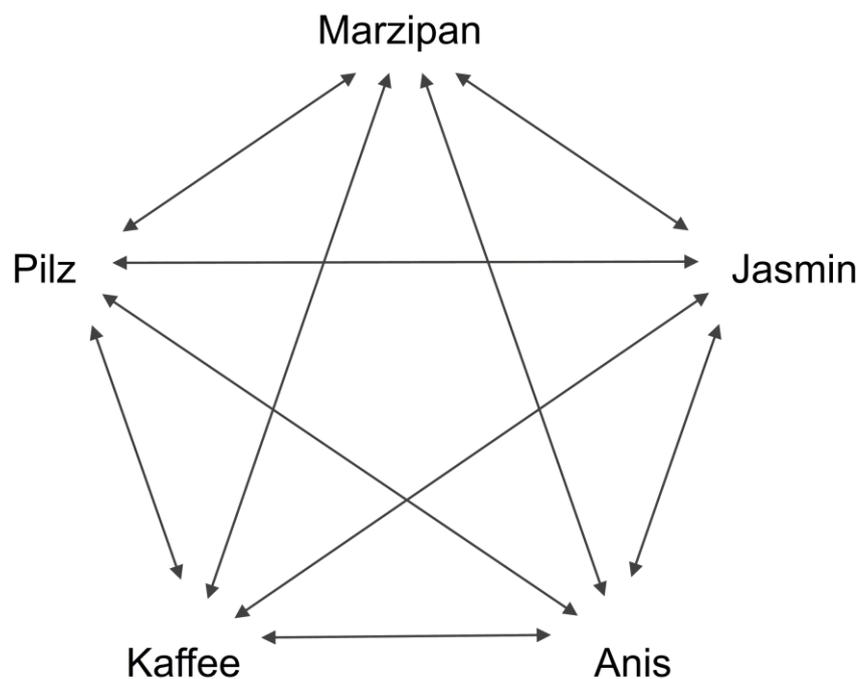


Abbildung 4 Fünf Duftstoffe, die den Probanden in jeweils 10 Versuchen paarweise in einem Präferenztest angeboten wurden. Jeder Duftstoff ist an 4 der 10 Paarvergleiche beteiligt.

Beschreibung des vierten Untertests: „Diskrimination“

In diesem Test wurden den Probanden fünfmal jeweils drei Duftstifte angeboten. Zwei Duftstifte des Triplets enthielten denselben Duftstoff, während in dem dritten ein anderer Duftstoff gelöst war. Die Aufgabe bestand darin, den einmal angebotenen Duftstift zu erkennen, ohne ihn identifizieren zu müssen. Die Probanden mussten eine Aussage zur Fragestellung treffen, auch wenn sie sich unsicher waren. Zwischen der Darbietung jedes Triplets wurde eine dreißig Sekunden dauernde Pause eingehalten. Die Reihenfolge der Darbietung der Duftstifte, und damit auch des Stifts, der nur den einmal vorkommenden Riechstoff enthielt, wurde von der Versuchsleiterin für jedes Triplett zufällig gewählt.

Für diesen Untertest wurden folgende Stifte aus der „Sniffin' Sticks“ Testreihe, die insgesamt 16 Diskriminationsaufgaben enthält, verwendet (Tabelle 1).

Tabelle 1 Im Diskriminationstest verwendete Duftstifte		
Nummer des Stifttripletts der „Sniffin' Sticks“	Duftsubstanz des Targets	Duftsubstanz des Non-Targets
1	Octylacetat	Zimtaldehyd
2	n-Butanol	2-Phenylethanol
3	Isoamylacetat	Anethol
4	Anethol	Eugenol
8	(-)-Carvon	(+)-Carvon

Die Ausführungen zu diesem Untertest für die Probanden waren:

„In diesem Test geht es darum, zwei verschiedene Düfte zu unterscheiden. Dazu werde ich Dich, wie Du es bereits schon kennst, an drei verschiedenen Duftstiften riechen lassen. Zwei von den Duftstiften riechen gleich und einer riecht anders. Deine Aufgabe ist es, den Duftstift heraus zu finden, der anders riecht. Dabei geht es nicht darum, dass Du diesen Duft erkennst.“ (jeder Stift wurde angesagt) *„Stift Nr. 1“, „Stift Nr. 2“, „Stift Nr. 3“, „Welcher Stift riecht nun anders?“*

Beschreibung des fünften Untertests: „Identifikation“

In dem letzten Untertest sollten die Probanden neun angebotene Düfte identifizieren. Falls es von dem Proband erwünscht wurde, konnte mehrmals an dem Stift gerochen werden. Zwischen jedem angebotenen Duftstift wurde eine Pause von dreißig Sekunden eingehalten. Als Hilfestellung erhielt der Proband zu jedem Duft ein Blatt mit vier vorgegebenen Auswahlmöglichkeiten. Die aus der Testreihe der „Sniffin’ Sticks“ vorgegebenen vier möglichen Antworten wurden durch Fotografien ergänzt (im Anhang ab Seite 112 werden diese Fotos wiedergegeben). Dies diente der Illustration, weil die jüngsten Probanden nicht lesen konnten. Zusätzlich hat die Versuchsleiterin für die jüngsten präpubertären Probanden die Antworten vorgelesen.

Die Versuchsleiterin erklärte zu diesem Untertest:

„In dem letzten Teil möchte ich herausfinden, wie gut Du einen Duft erkennen kannst. Als Hilfe habe ich diese Bilder mitgebracht.“ (Mappe mit Bildern vor den Proband legen) *„Ich werde Dir jetzt einen Duftstift zum Erschnuppern unter die Nase halten und Du zeigst bitte auf das Bild, das zu diesem Duft passt.“* (der jeweilige Duftstift wurde angeboten und bevor sich die Probanden der präpubertären Altersgruppe entschieden, wurden diesen noch mal die Auswahlmöglichkeiten vorgelesen) *„Auf dem ersten Bild siehst Du Äpfel, Zitrone, Grapefruit, Pfirsich – nach was riecht der Duftstift?“*

Nach Beendigung des Tests wurde kurz das Testergebnis besprochen. Die Wortwahl der Erklärungen zu den verschiedenen Untertests wurde an die jüngste Altersgruppe angepasst entworfen. Bei den älteren Versuchspersonen wurde die Ausdrucksweise altersentsprechend verändert.

Abschließend bleibt zum Testdesign zu sagen, dass nach einem Kompromiss gesucht wurde, eine umfassende Testung des Geruchssinns durchzuführen, die aber auch den Bedürfnissen der Probanden gerecht wurde. Besonders zu berücksichtigen war die präpubertäre Altersgruppe, die mit einer ihrem Alter entsprechenden geringeren Aufmerksamkeits- und Konzentrationsspanne, eine Testung angeboten bekommen sollte, die Interesse und Neugierde weckt und dabei nicht zu nüchtern war.

2.5. Statistische Methoden

Die Datenerfassung erfolgte mit dem oben erwähnten Protokollbogen. Die Berechnung der statistischen Tests erfolgte mit dem Statistik-Paket „SPSS Statistics 12.0“ (Statistic package for the social sciences; SPSS Inc., Chicago IL, USA) bzw. mit dem Statistik-Paket „R Version 2.12.2 (64-bit), The R Foundation for Statistical Computing“. Ein Teil der Diagramme wurde mit Microsoft EXCEL erzeugt, mit dem auch ein Teil der einfacheren deskriptiven Statistiken erstellt wurde (Wagenpfeil [110]).

In den ersten beiden Untertests: „**Schwellenwertbestimmung**“ und „**Hedonik und Intensität**“ wurden die Daten zunächst auf Normalverteilung überprüft. In „SPSS“ wurde dazu der „Kolmogorov-Smirnov-Test bei einer Stichprobe“ angewendet. Als Signifikanzniveau wurden $p < 0,05$ bzw. $p < 0,01$ gewählt. Anschließend an die Normalverteilungstests wurden folgende Tests durchgeführt (Wiseman [111], [112]):

Der **Mann-Whitney U-Test** als nicht-parametrischer statistischer Test wurde angewandt, um zwei unabhängige Stichproben, hier die verschiedenen Probandengruppen miteinander vergleichen zu können (Lamprecht [70]). Der **Kruskal-Wallis-Test**, auch ein nicht-parametrischer statistischer Test, wird für den Mehrfachvergleich von Rang- oder Intervalldaten verwendet. Er untersucht, ob sich verschiedene Stichproben grundsätzlich unterscheiden, ohne eine konkrete Aussage zu treffen, zwischen welchen Probandengruppen die Unterschiede bestehen.

Der **Chi-Quadrat-Vierfeldertest** ist ein statistischer Test für Nominaldaten, der die Häufigkeit eines Merkmals in zwei unabhängigen Probandengruppen vergleicht und eine Aussage trifft, ob dieser Unterschied signifikant ist.

Der **Fisher-Exakt-Test** ist ähnlich dem Chi-Quadrat-Test, allerdings auch für geringe Fallzahlen zulässig.

Weitere Details zur Statistik werden, wenn erforderlich, im jeweiligen Kapitel der Ergebnisse wiedergegeben.

3. Ergebnisse

3.1. Schwellenwertbestimmung

In diesem Untertest wurde mithilfe eines Dreieckverfahrens die geruchliche Wahrnehmungsschwelle für die Duftstoffe n-Butanol und 2-Phenylethanol bestimmt. Den Probanden wurden jeweils drei Duftstifte angeboten, wovon lediglich in einem Duftstift der Duftstoff gelöst war. Die beiden anderen Duftstifte waren nicht mit einem Duftstoff befüllt. Für die Schwellenwertbestimmung lagen Verdünnungsstufen von 0 bis 16 zur Testung vor. Da in keinem Versuch ein Proband einen höheren Schwellenwert als 12 wahrnehmen konnte, werden die zugehörigen Diagramme im Folgenden auch nur zwischen den Verdünnungsstufen 0 bis 12 dargestellt (vgl. Abbildung 5, S. 29 und Abbildung 10, S. 33).

An diesem Test nahmen 101 bzw. 103 aller 105 Probanden teil.

3.1.1. n-Butanol

In den Graphiken Abbildung 5 bis Abbildung 9 werden die Schwellenwerte für n-Butanol zusammengefasst. Die Abbildung 5 zeigt alle Einzelwerte als Punktwolke dem Alter der Probanden zugeordnet. Die vertikalen Markierungen bei 10 Jahren und 17 Jahren zeigen die Zuordnung der Probanden zu den drei Altersgruppen AG1 bis AG3. Für jede Altersgruppe wird sowohl der Mittelwert als auch der Median angegeben. Die jeweilige Markierung liegt im Schwerpunkt der Punktwolke, das heißt auch im Mittelwert bezüglich des Alters der Gruppe. Die ansteigende Trendlinie berechnet sich aus allen Einzelwerten.

Tabelle 2 fasst alle für die Altersgruppen berechneten Mittelwerte der Schwellenwerte zusammen.

Die Mittelwerte für die Schwellenwahrnehmung von n-Butanol steigen mit zunehmendem Alter. Die Darstellung des Medianwertes zeigt einen gleichen Schwellenwert für die prä- und pubertäre Altersgruppe (AG 1 und AG 2), die erwachsene Altersgruppe (AG 3) hat im Median eine um 1,5 (EXCEL, Abbildung 5) bzw. 2 (SPSS) Verdünnungsstufen höhere Schwellenwahrnehmung.

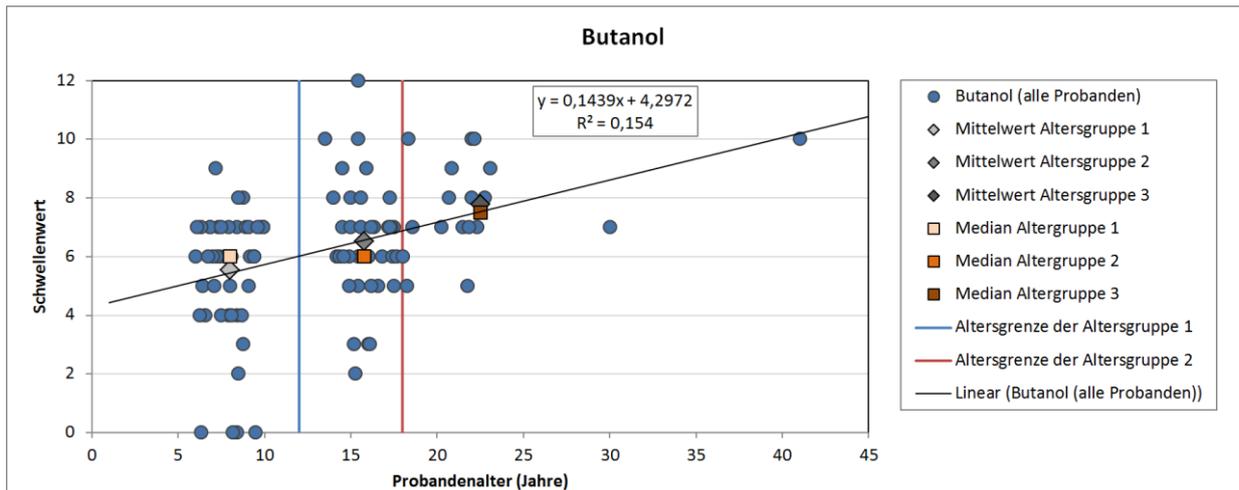


Abbildung 5 Schwellenwerte für n-Butanol, alle Probanden

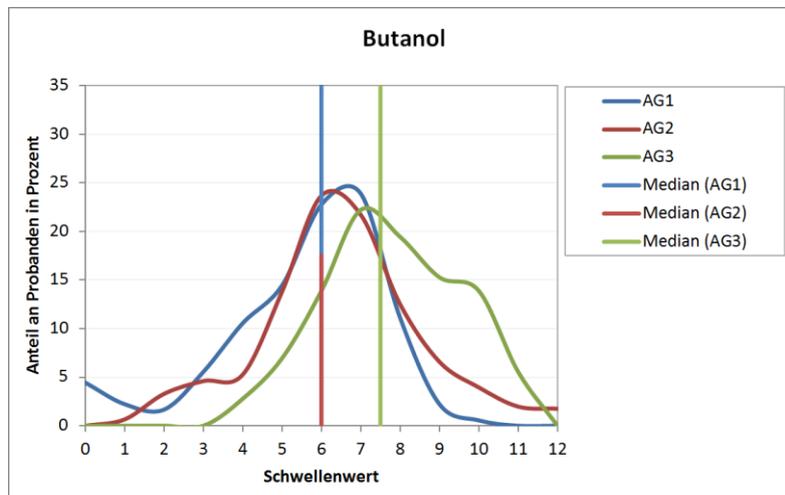


Abbildung 6 Geglättete Verteilung des Schwellenwertes in den drei Altersgruppen (AG1 bis 11 Jahre, AG2 bis 17 Jahre und AG3 ab 18 Jahre), vertikale Linien: Mediane

Tabelle 2 Mittelwert der Schwellenwerte für n-Butanol in den drei Altersgruppen			
n-Butanol	Mittelwert ± Standardabweichung		
	alle	m	w
Altersgruppe 1 ¹⁾	5,53 ± 2,06	5,82 ± 1,81	5,36 ± 2,21
Altersgruppe 2	6,50 ± 2,01	6,28 ± 1,84	6,70 ± 2,18
Altersgruppe 3	7,78 ± 2,10	8,00 ± 2,13	7,56 ± 2,12

¹⁾ein männlicher Proband konnte keine eindeutige Aussage formulieren

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Zwischen den drei Altersgruppen gab es einen statistisch signifikanten Unterschied in ihrer geruchlichen Wahrnehmungsschwelle für n-Butanol (Kruskal-Wallis, $p < 0,001$, vgl. Abbildung 7). Die präpubertäre und pubertäre Altersgruppe wiesen keine statistisch signifikant unterschiedlichen Schwellenwerte für n-Butanol auf (Mann-Whitney U-Test, $p = 0,102$). Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der präpubertären und der erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p < 0,001$) und zwischen der pubertären und erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p = 0,014$). Bei den präpubertären und pubertären Probanden lag die Wahrnehmungsschwelle im Median bei einer Verdünnungsstufe von 6, bei den erwachsenen Probanden war die Wahrnehmungsschwelle niedriger im Median bei einer Verdünnungsstufe von 7,5 (EXCEL, Abbildung 6) bzw. 8 (SPSS, Abbildung 7)

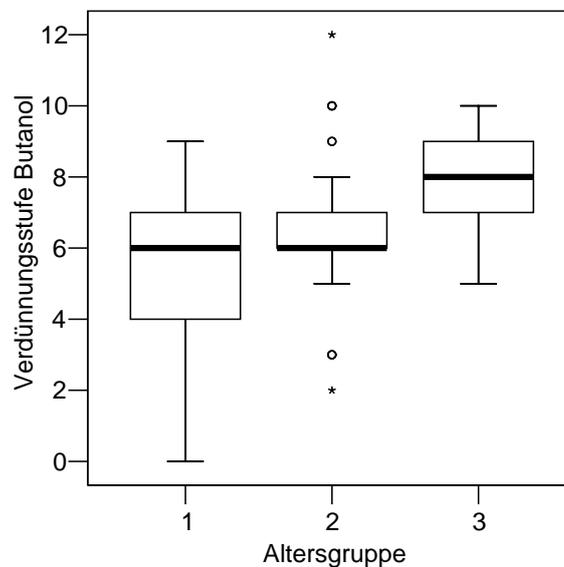


Abbildung 7 Schwellenwerte der drei Altersgruppen für n-Butanol. Dargestellt sind der Medianwert (waagerechte fette Linie), das Semiinterquartil (Kästchen), die Werte innerhalb des 90. Perzentils (T-Balken), Einzel-„Ausreißer“ (*) und Mehrfachausreißer (o) der drei Altersgruppen.

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männliche Probanden

Bei den männlichen Probanden unterschieden sich die präpubertäre und die erwachsene Altersgruppe für n-Butanol (Mann-Whitney U-Test, $p = 0,021$). Die präpubertäre Altersgruppe nahm n-Butanol im Median bei einem Schwellenwert von 6 wahr, die erwachsene Alters-

gruppe im Median bei einem Schwellenwert von 8. Die präpubertäre und pubertäre Altersgruppe, bzw. die pubertäre und die erwachsene Altersgruppe unterschieden sich nicht signifikant (Mann-Whitney U-Test, $p=0,590$ bzw. $p=0,067$). Je älter die Probanden waren, desto geringer war die notwendige Konzentration, um den Duftstoff wahrzunehmen. (Abbildung 8, linkes Diagramm).

Weibliche Probanden

Bei den weiblichen Probanden ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen der präpubertären und der erwachsenen Altersgruppe für die Schwellenwahrnehmung von n-Butanol (Mann-Whitney U-Test, $p=0,001$). Die präpubertären Probanden erkannten n-Butanol im Median bei einem Schwellenwert von 6, die erwachsenen Probanden erreichten im Median eine Schwelle von 7. Die präpubertäre und pubertäre Altersgruppe, bzw. die pubertäre und die erwachsene Altersgruppe unterschieden sich nicht signifikant (Mann-Whitney U-Test, $p=0,088$ bzw. $p=0,167$, Abbildung 8, rechtes Diagramm). Auch bei den weiblichen Probanden wurde gezeigt, dass je älter die Probanden waren, desto geringer war die notwendige Konzentration der Schwelle, um den Duftstoff wahrzunehmen.

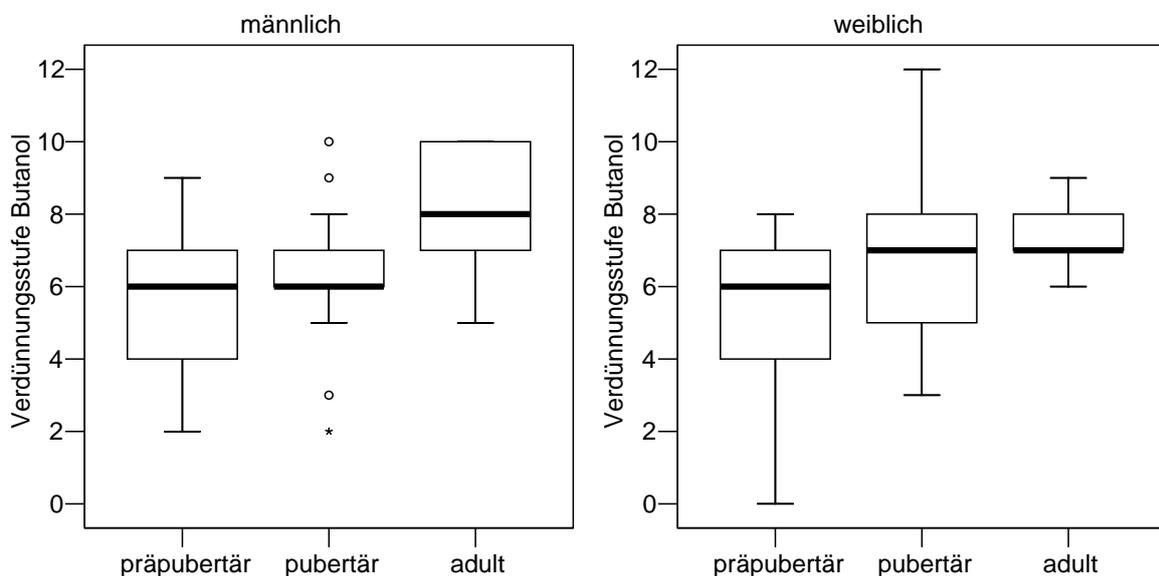


Abbildung 8 Schwellenwerte der männlichen und weiblichen Probanden der drei Altersgruppen für n-Butanol (zur Darstellung vgl. Abbildung 7).

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den männlichen und weiblichen Probanden innerhalb der Altersgruppen für die Schwellenwahrnehmung von n-Butanol festgestellt (Mann-Whitney U-Test: alle p-Werte > 0,05).

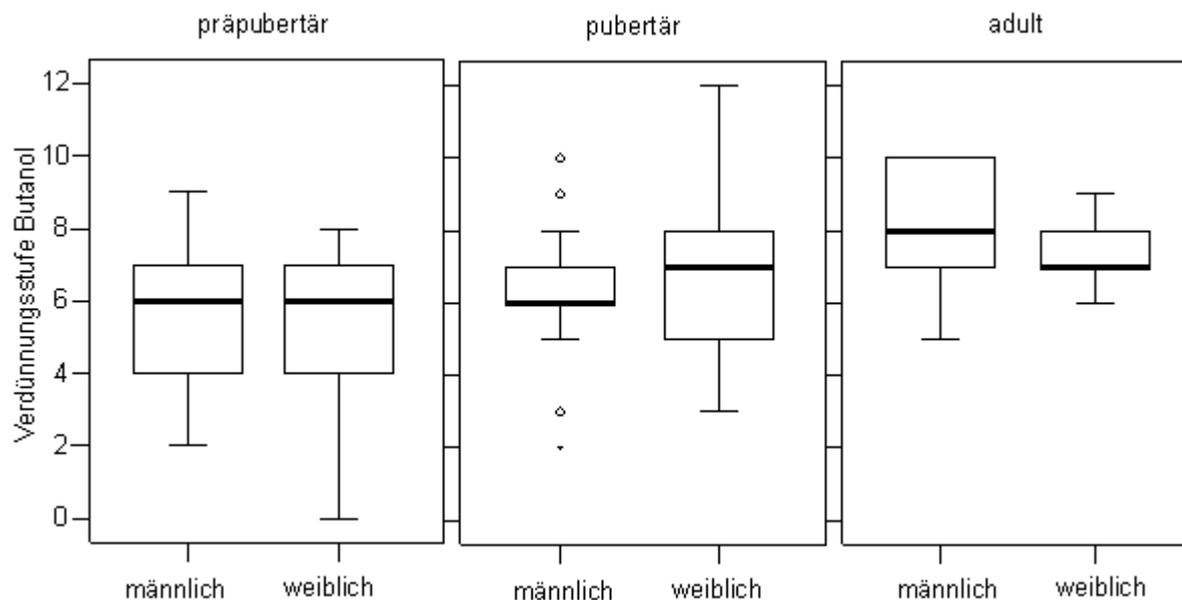


Abbildung 9 Schwellenwerte der männlichen und weiblichen Probanden im Vergleich innerhalb der drei Altersgruppen für n-Butanol (zur Darstellung vgl. Abbildung 7).

3.1.2. 2-Phenylethanol

In der Abbildung 10 und der Abbildung 11 werden die Schwellenwerte für 2-Phenylethanol zusammengefasst.

Die Mittelwerte für die Schwellenwahrnehmung von 2-Phenylethanol stiegen tendenziell stärker als die von n-Butanol mit zunehmendem Alter, vergleiche die Steigungen der Regressionslinien in den beiden Diagrammen Abbildung 5, Seite 29 (0,1439, Zunahme des Schwellenwertes für n-Butanol pro Lebensjahr) und Abbildung 10, Seite 33 (0,1646, 2-Phenylethanol). Der Median der präpubertären Altersgruppe (AG 1) lag bei 7,0, der Median der pubertären Altersgruppe (AG 2) bei 8,0 und der Median der erwachsenen Altersgruppe (AG 3) lag bei 8,5 für die Schwellenwahrnehmung von 2-Phenylethanol.

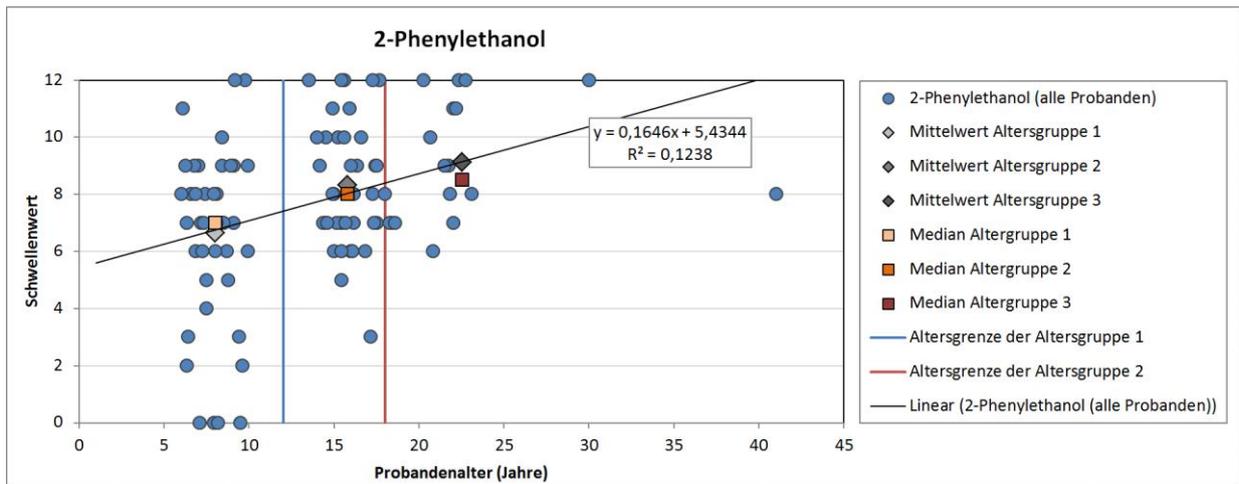


Abbildung 10 Schwellenwerte für 2-Phenylethanol, alle Probanden

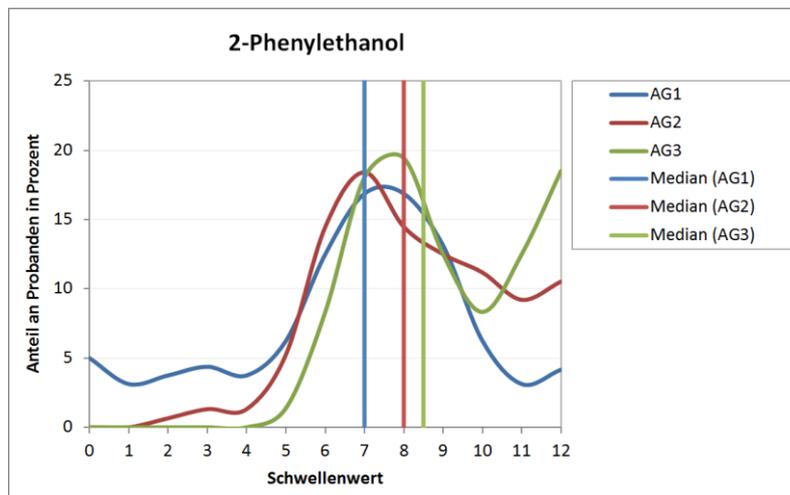


Abbildung 11 Geglättete Verteilung des Schwellenwertes in den drei Altersgruppen (AG1, AG2 und AG3), vertikale Markierungen: Mediane

Tabelle 3 Mittelwert der Schwellenwerte für 2-Phenylethanol in den drei Altersgruppen (AG1, AG2 und AG3)			
2-Phenylethanol	Mittelwert ± STD		
	alle	m	w
Altersgruppe 1 ¹⁾	6,65 ± 3,02	5,64 ± 2,79	7,19 ± 3,05
Altersgruppe 2	8,32 ± 2,24	7,89 ± 2,59	8,70 ± 1,87
Altersgruppe 3	9,11 ± 2,08	9,33 ± 2,24	8,89 ± 1,84

¹⁾ zwei Probanden konnten keine eindeutige Aussage formulieren

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Die drei Altersgruppen unterschieden sich für die mittlere Schwellenwahrnehmung von 2-Phenylethanol signifikant (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,008$, vgl. Abbildung 12). Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der präpubertären und der erwachsenen Altersgruppe

(Mann-Whitney U-Test, $p=0,005$) und zwischen der präpubertären und pubertären Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,026$). Die präpubertäre Altersgruppe (AG 1) erreichte im Median eine Wahrnehmungsschwelle von 7, die pubertäre Altersgruppe (AG 2) erkannte den Duftstoff im Median bei einer Schwelle von 8, die erwachsene Altersgruppe (AG 3) im Median bei einer Schwelle von 8,5. Zwischen der pubertären und erwachsenen Altersgruppe wurde kein signifikanter Unterschied gefunden (Mann-Whitney U-Test, $p=0,210$).

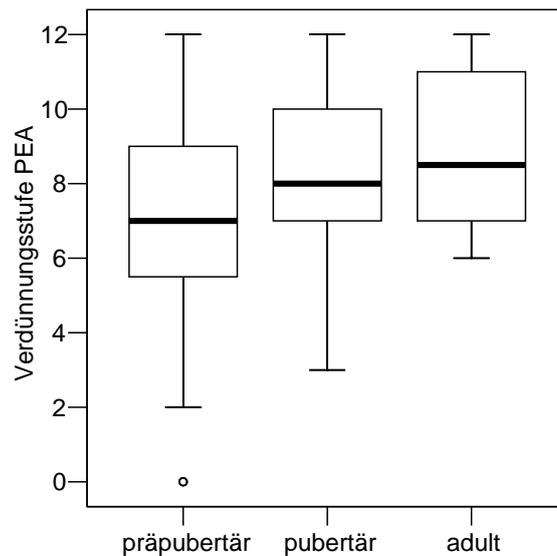


Abbildung 12 Schwellenwerte der drei Altersgruppen für 2-Phenylethanol. Dargestellt sind der Medianwert (waagerechte fette Linie), das Semiinterquartil (Kästchen), die Werte innerhalb des 90. Perzentils (T-Balken), Einzel-„Ausreißer“ (*) und Mehrfachausreißer (o) der drei Altersgruppen.

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männliche Probanden

Die männlichen Probanden unterschieden sich signifikant zwischen der präpubertären und der erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,002$, vgl. Abbildung 13, linkes Diagramm) und zwischen der präpubertären und pubertären Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,029$) für die mittlere Schwellenwahrnehmung von 2-Phenylethanol. Die präpubertäre Altersgruppe nahm 2-Phenylethanol im Median bei einem Schwellenwert von 6 wahr, die pubertäre Altersgruppe im Median bei einem Schwellenwert von 7, die erwachsene Altersgruppe im Median bei einem Schwellenwert von 9. Es wurde kein signifikanter Un-

terschied zwischen der pubertären und erwachsenen Altersgruppe festgestellt (Mann-Whitney U-Test, $p=0,120$).

Weibliche Probanden

Für die Schwellenwahrnehmung von 2-Phenylethanol wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den weiblichen Probanden der verschiedenen Altersgruppen gefunden (Mann-Whitney U-Test, weiblich AG 1 vs AG2 $p=0,899$, AG1 vs AG3 $p=0,236$, AG2 vs AG3 $p=0,167$, vgl. Abbildung 13, rechtes Diagramm). Die weiblichen Probanden der präpubertären Altersgruppe nahm 2-Phenylethanol im Median bei einem Schwellenwert von 8 wahr, die pubertäre Altersgruppe im Median bei einem Schwellenwert von 9, die erwachsene Altersgruppe im Median bei einem Schwellenwert von 8.

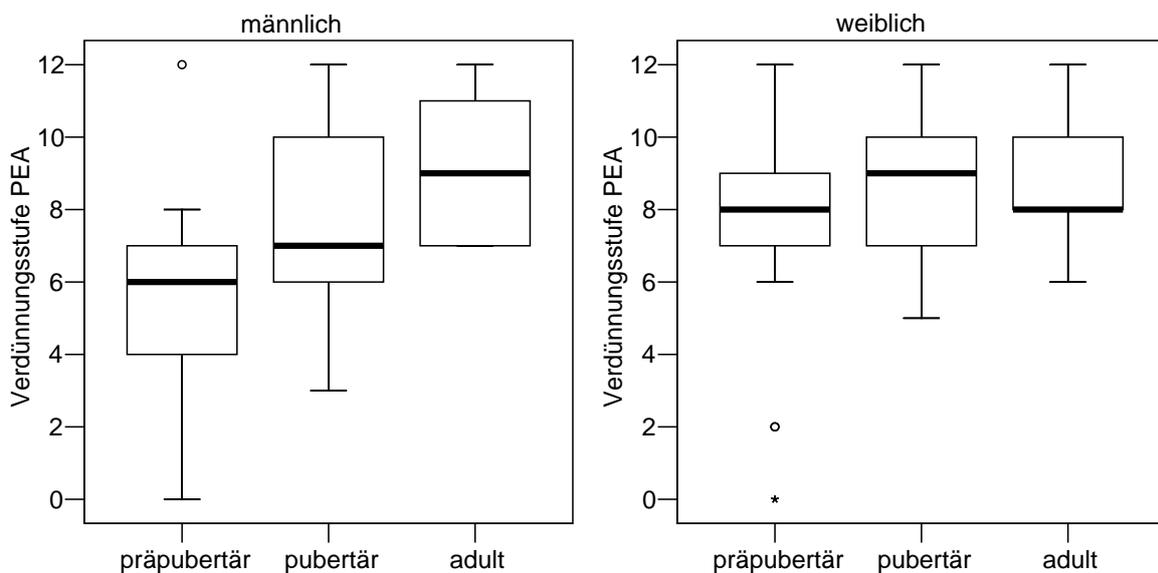


Abbildung 13 Schwellenwerte der männlichen und weiblichen Probanden der drei Altersgruppen für 2-Phenylethanol (zur Darstellung vgl. Abbildung 12)

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb der Altersgruppen

In der präpubertären Altersgruppe wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den männlichen und weiblichen Probanden für die Schwellenwahrnehmung von 2-Phenylethanol festgestellt (Mann-Whitney U-Test, $p=0,019$). Die weiblichen Probanden erkannten den Duft bei einer geringeren Konzentration im Median bei einem Schwellenwert von 8, die männlichen Probanden im Median bei einem Schwellenwert von 6. In der pubertären und der erwachsenen Altersgruppe wurde zwischen den männlichen und weiblichen Probanden kein signifi-

kanter Unterschied gefunden (Mann-Whitney U-Test, AG2 männlich vs weiblich $p=0,186$, AG3 männlich vs weiblich $p=0,815$).

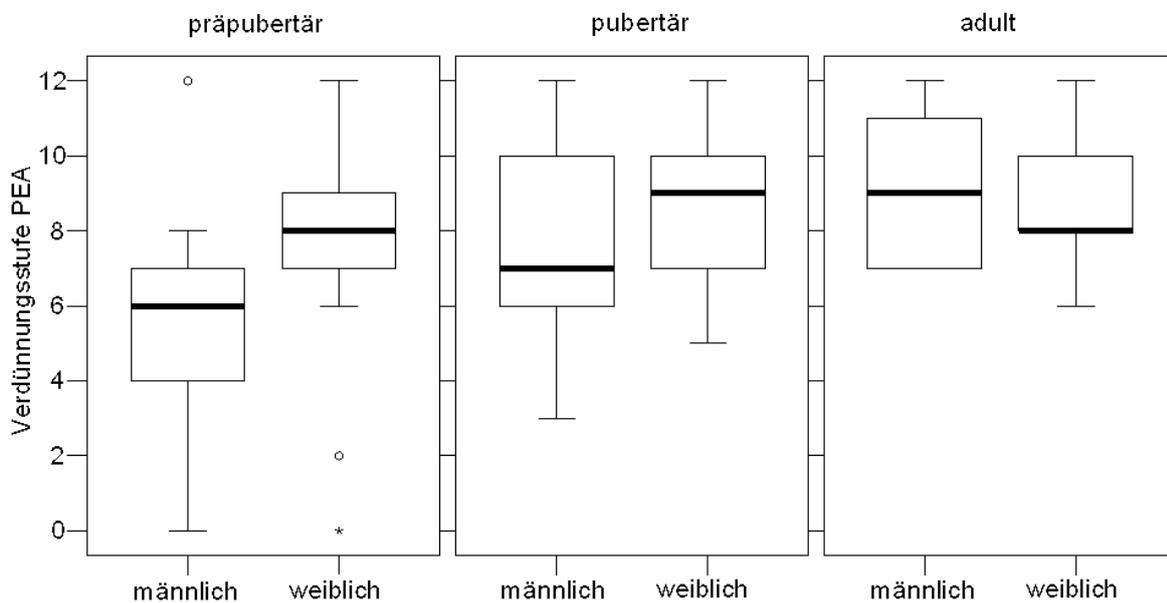


Abbildung 14: Schwellenwerte der männlichen und weiblichen Probanden im Vergleich innerhalb der drei Altersgruppen für 2-Phenylethanol (zur Darstellung vgl. Abbildung 12)

3.2. Hedonik und Intensität

In diesem Untertest sollte der Proband an sechs verschiedenen Duftstiften riechen, wovon sich in fünf ein Duftstoff befand und ein Stift als nicht duftbefüllter „Blank“ eingesetzt wurde. Zu jedem dieser Duftstifte wurden drei Fragen gestellt. Zuerst sollte der Proband angeben, ob er den Duft wahrnehmen konnte. Falls diese Frage bejaht wurde, wurde nach hedonischer Bewertung und empfundener Intensität gefragt.

Galaxolide und Androstenon konnten nicht von allen Probanden als Duftstoffe erkannt werden. Galaxolide wurde insgesamt von 86,5% der Probanden (90 von 104) wahrgenommen: 79,2% der präpubertären (38 von 48), 97,4% der pubertären (37 von 38) und 83,3% der erwachsenen Probanden (15 von 18) nahmen diesen Duft wahr. Die drei Altersgruppen unterschieden sich nicht signifikant in der Wahrnehmungshäufigkeit für Galaxolide (Chi-Quadrat-Test, $p=0,107$).

Androstenon wurde insgesamt von 75,0% (78 von 104) der Probanden gerochen: 79,2% (38 von 48) der präpubertären, 63,2% (24 von 38) der pubertären und 88,9% (16 von 18) der erwachsenen Probanden gaben an, diesen Duft wahrnehmen zu können. Die drei Altersgruppen unterschieden sich signifikant in der Wahrnehmungsfähigkeit für Androstenon (Chi-Quadrat-Test, $p=0,039$), der Anteil der pubertären Probanden, die Androstenon wahrnehmen konnten war signifikant niedriger als bei den präpubertären oder erwachsenen Probanden.

Bezüglich der Geschlechterverteilung über alle Altersgruppen zusammen nahmen 83,0% aller männlichen Probanden (40 von 48) und 70,2% der weiblichen Probanden (40 von 57) Androstenon wahr. Dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant (Fisher-Exact-Test, $p=0,167$).

In der präpubertären Altersgruppe nahmen 85% der männlichen (17 von 20) und 78,6% der weiblichen (22 von 28) Probanden Androstenon wahr, dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant (Fisher-Exact-Test, $p=0,716$). In der pubertären Altersgruppe gaben 77,8% der männlichen (14 von 18) und nur 50% der weiblichen (10 von 20) Probanden an, dass sie Androstenon riechen konnten. Nur in dieser Altersgruppe gibt es einen (gerade noch) signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschied, die männlichen Probanden nehmen das Steroid signifikant häufiger als die weiblichen Probanden wahr (Fisher-Exact-Test, $p=0,048$). In der erwachsenen Altersgruppe konnten jeweils 88,9% (8 von 9) der männlichen und weiblichen Probanden Androstenon riechen.

3.2.1. Blank

Der in diesem Untertest angebotene Blank wurde von 44,8% aller Probanden wahrgenommen (50% der präpubertären Altersgruppe, 39,5% der pubertären Altersgruppe und 38,9% der Erwachsenen). Weil der Blank an sich geruchlos ist, kann eine abweichende Bewertung der Probanden nur durch die Versuchsumgebung, eine nicht quantifizierbare Verunreinigung des Duftstifts oder Irrtum des Probanden, wodurch auch immer verursacht, bedingt sein. Deshalb wird die Bewertung der Hedonik und Intensität für diesen Duftstift an dieser Stelle nicht kommentiert.

3.2.2. Hedonik

Im Folgenden werden für die Duftstoffe Diacetyl, Galaxoilde, (-)-Borneol, Androstenon und Ananas die hedonischen Ergebnisse dargestellt.

3.2.2.1. Diacetyl

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Die hedonische Bewertung unterschied sich zwischen der präpubertären und pubertären Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,011$) sowie zwischen der präpubertären und der erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,012$) für Diacetyl signifikant. Die präpubertären Probanden bewerteten Diacetyl positiver (im Median mit 1, entsprach „gut“) als die pubertären (im Median mit 0, entsprach „weder gut noch schlecht“). Die Erwachsenen bewerteten die Substanz am negativsten (im Median mit -1, entsprach „schlecht“). Zusammenfassend bleibt festzustellen, dass je älter die Probanden werden, desto unangenehmer wurde der Duftstoff empfunden, ein signifikanter Unterschied bestand jedoch nicht zwischen der pubertären und erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,388$).

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männliche Probanden

Zwischen den männlichen Probanden der drei Altersgruppen wurde keine signifikant unterschiedliche hedonische Bewertung für Diacetyl festgestellt (Mann-Whitney U-Test, männlich AG1 vs AG2 $p=0,328$; AG1 vs AG3 $p=0,298$; AG2 vs AG3 $p=0,734$).

Weibliche Probanden

Es bestand ein signifikanter Unterschied zwischen den weiblichen Probanden der präpubertären und pubertären Altersgruppen (Mann-Whitney U-Test, $p=0,015$) und auch ein signifikanter Unterschied zwischen den weiblichen Probanden der präpubertären und der erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,017$). Die weiblichen Probanden der präpubertären Altersgruppe bewerteten Diacetyl im Median mit 1 (entsprach „gut“), die pubertäre

Altersgruppe bewertete Diacetyl im Median mit 0 (entsprach „weder gut noch schlecht“), die erwachsene Altersgruppe bewertete Diacetyl im Median mit -1 (entsprach „schlecht“). Zwischen der pubertären und der erwachsenen Altersgruppe wurde kein signifikanter Unterschied in der hedonischen Bewertung festgestellt (Mann-Whitney U-Test, $p=0,370$).

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Die männlichen und weiblichen Probanden der drei untersuchten Altersgruppen unterschieden sich nicht signifikant in der hedonischen Bewertung von Diacetyl (Mann-Whitney U-Test, AG 1 männlich vs weiblich $p=0,418$, AG2 männlich vs weiblich $p=0,897$, AG 3 männlich vs weiblich $p=0,920$).

3.2.2.2. Galaxolide

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Für den Duftstoff Galaxolide wurde kein signifikanter Unterschied in der hedonischen Bewertung zwischen den Altersgruppen festgestellt (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG2 $p=0,810$, AG1 vs AG3 $p=0,261$, AG2 vs AG3 $p=0,096$).

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Ebenso wurde kein signifikanter Unterschied in der hedonischen Bewertung zwischen den nach Geschlecht getrennten Altersgruppen festgestellt werden (Mann-Whitney U-Test, männlich AG1 vs AG2 $p=0,059$, AG1 vs AG3 $p=0,110$, AG2 vs AG3 $p=0,973$. Mann-Whitney U-Test, weiblich AG1 vs AG2 $p=0,248$, AG1 vs AG3 $p=0,546$, AG2 vs AG3 $p=0,095$).

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Die männlichen und weiblichen Probanden der präpubertären Altersgruppe unterschieden sich knapp signifikant in der hedonischen Bewertung für Galaxolide (Mann-Whitney U-Test $p=0,038$). Die männlichen Probanden der präpubertären Altersgruppe bewerteten den Duft negativer (Median 0 entsprach „weder gut noch schlecht“) als die weiblichen Probanden (Median 1 entsprach „gut“). Zwischen den weiblichen und männlichen Probanden wurde in

der pubertären und erwachsenen Altersgruppe kein signifikanter Unterschied festgestellt (Mann-Whitney U-Test, AG2 männlich vs weiblich $p=0,256$, AG 3 männlich vs weiblich $p=0,542$).

3.2.2.3. (-)-Borneol

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Zwischen der präpubertären und der pubertären Altersgruppe wurde eine signifikant unterschiedliche hedonische Bewertung für (-)-Borneol ermittelt (Mann-Whitney U-Test $p=0,003$). Die Probanden der präpubertären Altersgruppe fanden den Duft neutral (Median 0, entsprach „weder gut noch schlecht“), wohingegen die pubertäre Altersgruppe den Duft negativer bewertete (Median -1, entsprach „schlecht“). Der Vergleich dieser beiden Altersgruppen mit der erwachsenen Altersgruppe zeigte keinen signifikanten Unterschied in der hedonischen Bewertung (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG3 $p=0,064$, AG2 vs AG3 $p=0,863$).

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männliche Probanden

Die männlichen Probanden der verschiedenen Altersgruppen unterschieden sich nicht signifikant in der hedonischen Bewertung von (-)-Borneol (Mann-Whitney U-Test, männlich AG1 vs AG2 $p=0,580$, AG1 vs AG3 $p=0,991$, AG2 vs AG3 $p=0,908$).

Weibliche Probanden

Die weiblichen Probanden der präpubertären und pubertären Altersgruppen (Mann-Whitney U-Test, $p=0,002$) und auch die weiblichen Probanden der präpubertären und der erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,017$) unterschieden sich signifikant in der hedonischen Bewertung von (-)-Borneol. Mit zunehmenden Alter fiel die hedonische Bewertung von (-)-Borneol negativer aus: die präpubertären Probanden bewerteten den Duft im Median mit 0,5 (zwischen „weder gut noch schlecht“ und „gut“), die Pubertären fanden den Duft unangenehmer (im Median mit 0 entsprach „weder gut noch schlecht“). Die weiblichen Probanden der erwachsenen Altersgruppe bewerteten den Duftstoff am negativsten im Me-

dian mit -1 (entsprach „schlecht“). Es wurde kein signifikanter Unterschied in der hedonischen Bewertung zwischen der pubertären und erwachsenen Altersgruppe gefunden (Mann-Whitney U-Test, AG2 vs AG3 $p=0,713$).

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Innerhalb der präpubertären Altersgruppe unterschieden sich die männlichen und weiblichen Probanden signifikant in ihrer Bewertung für (-)-Borneol (Mann-Whitney U-Test, $p=0,027$). Die männlichen Probanden der präpubertären Altersgruppe bewerteten (-)-Borneol im Median mit 0 (entsprach „weder gut noch schlecht“). Die weiblichen präpubertären Probanden fanden diesen Duft etwas angenehmer und bewerteten (-)-Borneol im Median mit 0,5, was den Duft zwischen „weder gut noch schlecht“ und „gut“ klassifizierte. In der pubertären und erwachsenen Altersgruppe lagen zwischen den weiblichen und männlichen Probanden keine signifikanten Unterschiede in der hedonischen Bewertung vor (Mann-Whitney U-Test, AG2 männlich vs weiblich $p=0,476$, AG 3 männlich vs weiblich $p=0,998$).

3.2.2.4. Androstenon

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Es wurden keine signifikanten Unterschiede im Altersgruppenvergleich in der hedonischen Bewertung für Androstenon festgestellt (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG2 $p=0,199$, AG1 vs AG3 $p=0,305$, AG2 vs AG3 $p=0,899$).

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männliche Probanden

Zwischen den männlichen Probanden der drei Altersgruppen wurde für die hedonische Bewertung von Androstenon keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen. Zwischen den männlichen Probanden der präpubertären und der pubertären Altersgruppe verfehlte der p-Wert nur knapp das 5% Signifikanzniveau (Mann-Whitney U-Test, männlich AG1 vs AG2 $p=0,056$, AG1 vs AG3 $p=0,273$, AG2 vs AG3 $p=0,352$).

Weibliche Probanden

Zwischen den weiblichen Probanden der drei Altersgruppen wurden ebenso keine signifikanten Unterschiede in der hedonischen Bewertung für Androstenon nachgewiesen (Mann-Whitney U-Test, weiblich AG1 vs AG2 $p=0,768$, AG1 vs AG3 $p=0,657$, AG2 vs AG3 $p=0,425$).

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Zwischen den männlichen und weiblichen Probanden innerhalb jeder Altersgruppe wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden. (Mann-Whitney U-Test, AG1 männlich vs weiblich $p=0,513$, AG2 männlich vs weiblich $p=0,061$, AG 3 männlich vs weiblich $p=0,977$).

3.2.2.5. Ananas

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Es wurden keine signifikanten Unterschiede im Altersgruppenvergleich in der hedonischen Bewertung für Ananas festgestellt (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG2 $p=0,308$, AG1 vs AG3 $p=0,484$, AG2 vs AG3 $p=0,761$). Der Duftstoff Ananas wurde von allen Altersgruppen positiv, im Median mit 1 (entsprach „gut“) bis 2 (entsprach „wirklich gut“) bewertet. Die beste Bewertung im Median mit 3 (entsprach „supergut“) gaben fast ausschließlich Probanden der präpubertären Altersgruppe und hier überwiegend die weiblichen Probanden ab.

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männliche Probanden

Zwischen den männlichen Probanden der drei Altersgruppen wurden keine signifikanten Unterschiede in der hedonischen Bewertung festgestellt (Mann-Whitney U-Test, männlich AG1 vs AG2 $p=0,366$, AG1 vs AG3 $p=0,211$, AG2 vs AG3 $p=0,420$).

Weibliche Probanden

Auch zwischen den weiblichen Probanden der drei Altersgruppen wurden keine signifikanten Unterschiede in der hedonischen Bewertung ermittelt (Mann-Whitney U-Test, weiblich AG1 vs AG2 $p=0,577$, AG1 vs AG3 $p=0,750$, AG2 vs AG3 $p=0,185$).

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Zwischen den männlichen und weiblichen Probanden der drei Altersgruppen wurden keine signifikanten Unterschiede für die hedonische Bewertung festgestellt (Mann-Whitney U-Test, AG1 männlich vs weiblich $p=0,946$, AG2 männlich vs weiblich $p=0,597$, AG 3 männlich vs weiblich $p=0,46$).

3.2.2.6. Graphische Zusammenfassung

Die folgenden drei Boxplots (Abbildung 15 bis Abbildung 17) stellen die hedonische Bewertung durch die verschiedenen Altersgruppen graphisch dar.

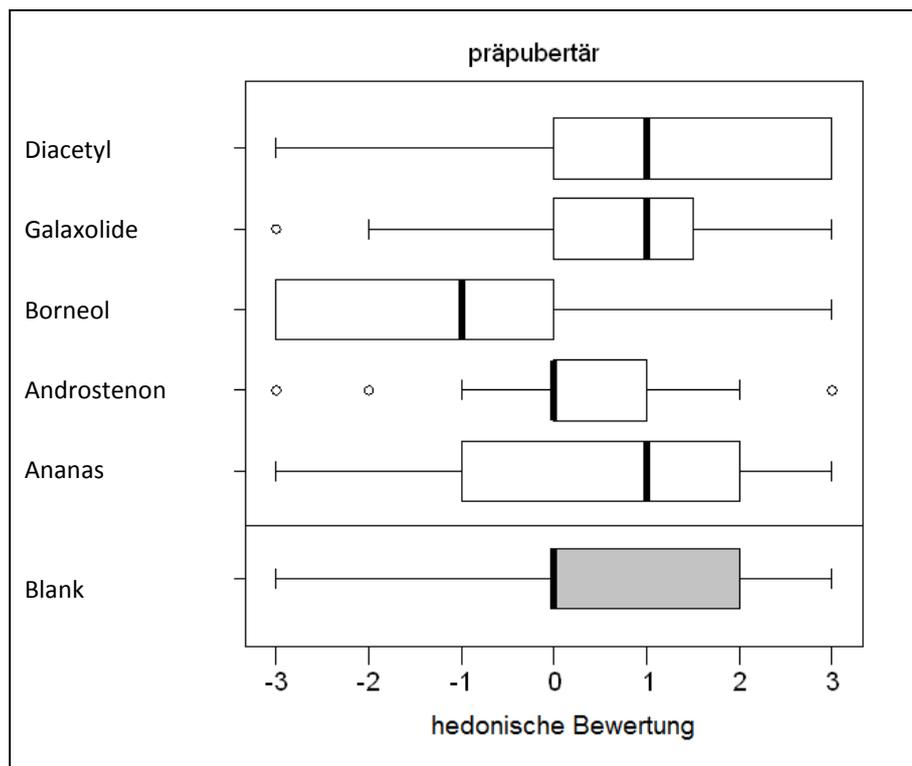


Abbildung 15: Hedonikbewertung der präpubertären Altersgruppe. Eingetragen sind der Medianwert (fette senkrechte Markierung), das Semiinterquartil (Kästchen), das 90ste Perzentil (senkrechte Abschlussmarkierung) und Extremwerte (runde Markierungen).

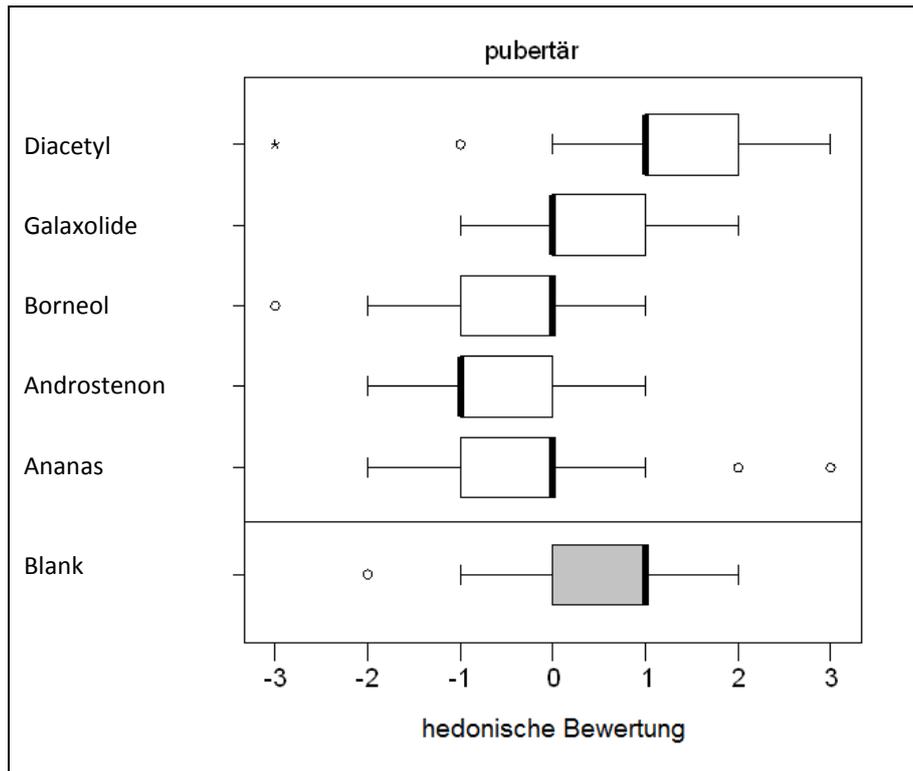


Abbildung 16 Hedonikbewertung der pubertären Altersgruppe. Eine sternförmige Markierung stellt die als einzelner Ausreißer interpretierte Angabe eines Probanden dar (zur Darstellung vgl. Abbildung 15).

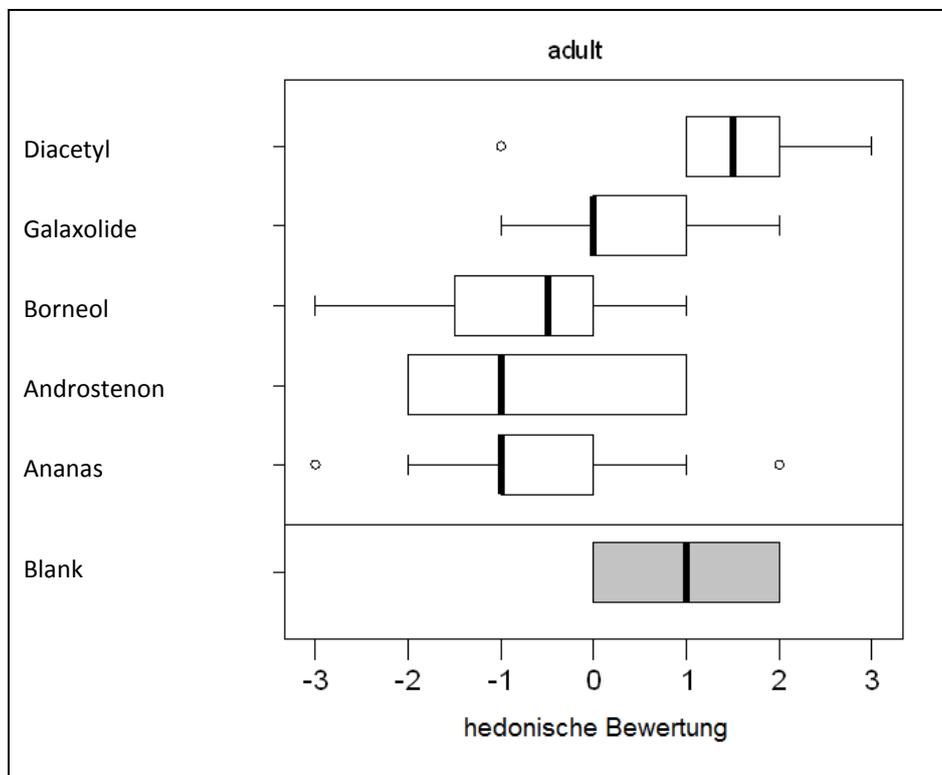


Abbildung 17 Hedonikbewertung der adulten Altersgruppe (zur Darstellung vgl. Abbildung 15).

3.2.3. Intensität

Im Folgenden werden die Intensitätsbewertungen für die Duftstoffe Diacetyl, Galaxolide, (-)-Borneol, Androstenon und Ananas dargestellt.

3.2.3.1. Diacetyl

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Es wurden keine signifikanten Unterschiede im Altersgruppenvergleich in der Intensitätsbewertung für Diacetyl festgestellt (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG2 $p=0,472$, AG1 vs AG3 $p=0,247$, AG2 vs AG3 $p=0,297$).

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männliche Probanden

Zwischen den männlichen Probanden der drei Altersgruppen wurden auch keine signifikanten Unterschiede in der Intensitätsbewertung gezeigt (Mann-Whitney U-Test, männlich AG1 vs AG2 $p=0,235$, AG1 vs AG3 $p=0,076$, AG2 vs AG3 $p=0,235$).

Weibliche Probanden

Für die weiblichen Probanden wurden ebenso zwischen den drei Altersgruppen keine signifikanten Unterschiede in der Intensitätsbewertung festgestellt (Mann-Whitney U-Test, weiblich AG1 vs AG2 $p=0,971$, AG1 vs AG3 $p=0,773$, AG2 vs AG3 $p=0,658$).

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Zwischen den männlichen und weiblichen Probanden innerhalb der verschiedenen Altersgruppen wurden keine signifikanten Unterschiede für die Intensitätswahrnehmung von Diacetyl gefunden (Mann-Whitney U-Test, AG1 männlich vs weiblich $p=0,528$, AG2 männlich vs weiblich $p=0,883$, AG 3 männlich vs weiblich $p=0,695$).

3.2.3.2. Galaxolide

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Die präpubertäre Altersgruppe unterschied sich signifikant von der pubertären Altersgruppe in der Intensitätswahrnehmung des Duftstoffes Galaxolide. Die präpubertären Probanden bewerteten Galaxolide im Median mit 4, die pubertären empfanden die Intensität stärker im Median mit 5, die erwachsenen Probanden bewerteten Galaxolide genau wie die pubertären im Median mit 5 (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG2 $p=0,006$, AG1 vs AG3 $p=0,085$, AG2 vs AG3 $p=0,714$).

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männliche Probanden

Bei den männlichen Probanden wurde zwischen den Altersgruppen kein signifikanter Unterschied in der Intensitätswahrnehmung des Duftstoffes Galaxolide festgestellt (Mann-Whitney U-Test, männlich AG1 vs AG2 $p=0,095$, AG1 vs AG3 $p=0,227$, AG2 vs AG3 $p=0,661$).

Weibliche Probanden

Die weiblichen Probanden der präpubertären Altersgruppe unterschieden sich signifikant von denen der pubertären Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,022$). Die pubertären Probanden nahmen Galaxolide intensiver wahr (Median 5) als die präpubertären Probanden (Median 4). Zwischen den anderen Altersgruppen unterschieden sich die weiblichen Probanden nicht signifikant (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG3 $p=0,222$, AG2 vs AG3 $p=0,930$).

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe wurden keine signifikanten Unterschiede für die Intensitätsbewertung von Galaxolide festgestellt (Mann-Whitney U-Test, AG1 männlich vs weiblich $p=0,890$, AG2 männlich vs weiblich $p=0,0821$, AG3 männlich vs weiblich $p=0,421$).

3.2.3.3. (-)-Borneol

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

In ihrer Intensitätswahrnehmung des Duftstoffes (-)-Borneol unterschied sich die pubertäre von der erwachsenen Altersgruppe signifikant (Mann-Whitney U-Test, $p=0,009$). Die pubertäre Altersgruppe bewerte die Intensität von (-)-Borneol im Median mit 5, die erwachsenen Altersgruppe bewertete (-)-Borneol als weniger intensiv im Median mit 4. Zwischen der präpubertären und pubertären bzw. erwachsenen Altersgruppe wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG2 $p=0,071$, AG1 vs AG3 $p=0,423$).

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männliche Probanden

Die männlichen pubertären Probanden unterschieden sich signifikant von den männlichen erwachsenen Probanden (Mann-Whitney U-Test, $p=0,033$). Die pubertären Probanden nahmen (-)-Borneol signifikant intensiver (im Median 5) als die erwachsenen Probanden (im Median 4) wahr. Im Altersgruppenvergleich wurden zwischen den männlichen Probanden keine weiteren signifikanten Unterschiede in der Intensitätsbewertung festgestellt (Mann-Whitney U-Test, männlich AG1 vs AG2 $p=0,529$, AG1 vs AG3 $p=0,425$).

Weibliche Probanden

Die weiblichen Probanden der präpubertären Altersgruppe unterschieden sich signifikant von den weiblichen Probanden der pubertären Altersgruppe in der Intensitätsbewertung von (-)-Borneol (Mann-Whitney U-Test, $p=0,039$). Beide Altersgruppen gaben im Median 5 an, der Mittelwert war bei der präpubertären Altersgruppe 4,7 und bei der pubertären Altersgruppe 5,5 und somit bewertete die pubertäre Altersgruppe (-)-Borneol als intensiver riechend. Andere signifikante Unterschiede wurden für die weiblichen Probanden zwischen den Altersgruppen nicht gefunden (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG3 $p=0,976$, AG2 vs AG3 $p=0,084$).

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe wurden keine signifikanten Unterschiede für die Intensitätswahrnehmung festgestellt (Mann-Whitney U-Test, AG1 männlich vs weiblich $p=0,081$, AG2 männlich vs weiblich $p=0,584$, AG3 männlich vs weiblich $p=0,319$).

3.2.3.4. Androstenon

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Die präpubertäre Altersgruppe nahm Androstenon am intensivsten wahr (Median 6), die pubertären Probanden gab im Median 2,5 an. Etwas höher fiel die Intensitätswahrnehmung der erwachsenen Altersgruppe im Median mit 3 aus. Die präpubertäre Altersgruppe unterschied sich damit signifikant von der pubertären Altersgruppe wie auch die präpubertäre von der erwachsenen Altersgruppe signifikant (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG2 $p=0,002$, AG1 vs AG3 $p=0,006$, AG2 vs AG3 $p=0,659$).

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männliche Probanden

Es wurde ein signifikanter Unterschied für die Intensitätsbewertung zwischen den männlichen Probanden der präpubertären und pubertären Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,002$) sowie zwischen der präpubertären und erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,001$) festgestellt. Die Probanden der präpubertären Altersgruppe gaben im Median 6 an, die männliche pubertäre und erwachsene Altersgruppe bewertete die Intensität im Median mit 2,5 (Mann-Whitney U-Test, männlich AG1 vs AG2 $p=0,002$, AG1 vs AG3 $p=0,001$, AG2 vs AG3 $p=0,920$).

Weibliche Probanden

Für die weiblichen Probanden wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen für die Intensitätswahrnehmung von Androstenon ermittelt (Mann-Whitney U-Test, weiblich AG1 vs AG2 $p=0,183$, AG1 vs AG3 $p=0,365$, AG2 vs AG3 $p=0,643$).

Unterschiede zwischen Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Zwischen den Geschlechtern innerhalb jeder Altersgruppe wurden keine signifikanten Unterschiede für die Intensitätsbewertung von Androstenon nachgewiesen (Mann-Whitney U-Test, AG1 männlich vs weiblich $p=0,572$, AG2 männlich vs weiblich $p=0,321$, AG3 männlich vs weiblich $p=0,197$).

3.2.3.5. Ananas

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Die drei Altersgruppen unterschieden sich nicht signifikant voneinander in ihrer Intensitätsbewertung für Ananas (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG2 $p=0,158$, AG1 vs AG3 $p=0,485$, AG2 vs AG3 $p=0,513$).

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männlichen Probanden

Die männlichen Probanden der drei Altersgruppen unterschieden sich nicht signifikant in der Intensitätsbewertung für Ananas (Mann-Whitney U-Test, männlich AG1 vs AG2 $p=0,718$, AG1 vs AG3 $p=0,752$, AG2 vs AG3 $p=0,343$).

Weibliche Probanden

Auch bei den weiblichen Probanden wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den drei Altersgruppen für die Intensitätsbewertung von Ananas festgestellt (Mann-Whitney U-Test, weiblich AG1 vs AG2 $p=0,184$, AG1 vs AG3 $p=0,322$, AG2 vs AG3 $p=0,970$).

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe wurden keine signifikanten Unterschiede für die Intensitätsbewertung von Ananas nachgewiesen (Mann-Whitney U-Test, AG1 männlich vs weiblich $p=0,239$, AG2 männlich vs weiblich $p=0,872$, AG3 männlich vs weiblich $p=0,495$).

3.2.3.6. Graphische Zusammenfassung

Die folgenden graphischen Darstellungen (Abbildung 18 bis Abbildung 20) zeigen die Intensitätsbewertung der zu untersuchenden Duftstoffe durch die drei Altersgruppen.

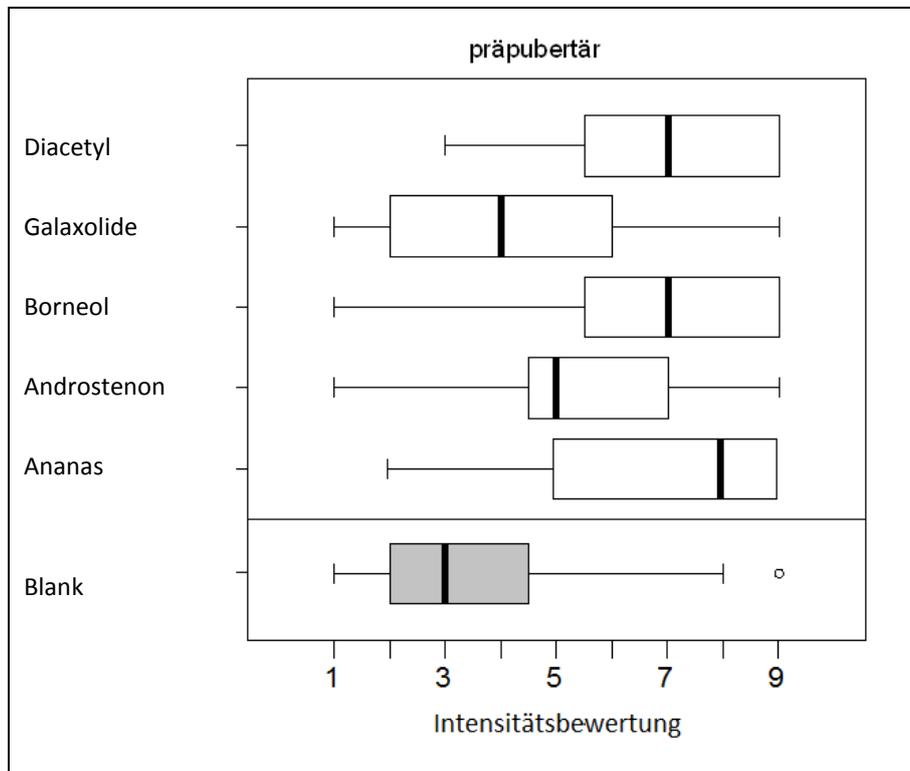


Abbildung 18 Intensitätsbewertung der präpubertären Altersgruppe. Einge-
tragen sind der Medianwert (vertikale fette Markierung), das Semiinterquartil
(Kästchen) das 90. Perzentil (senkrechte kurze Markierung) und einzelne Ext-
remwerte (runde Markierung).

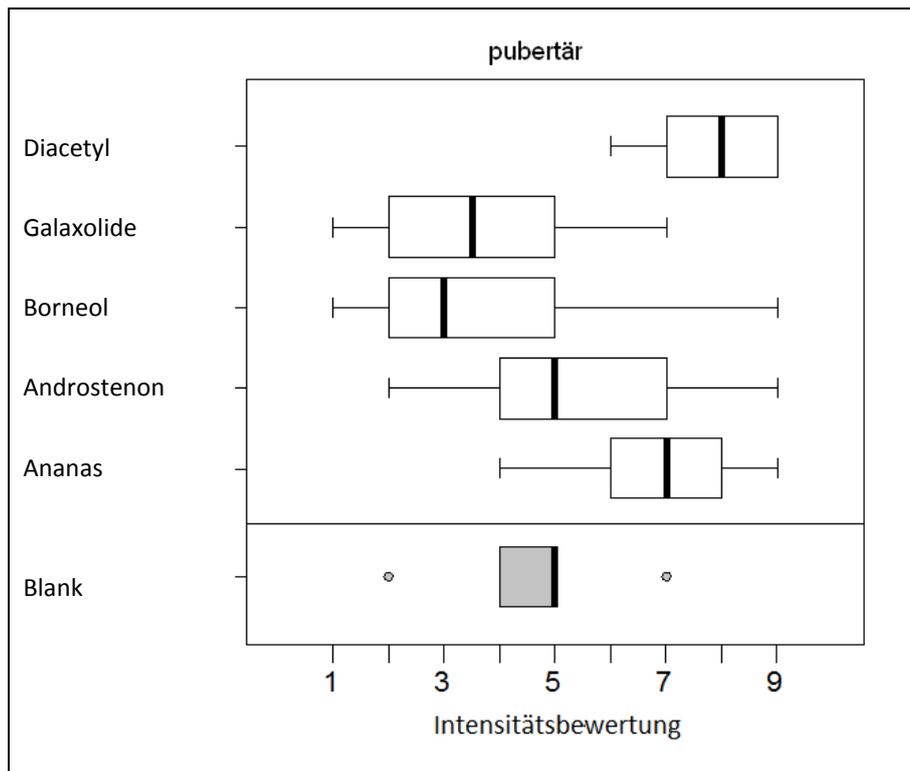


Abbildung 19 Intensitätsbewertung der pubertären Altersgruppe (zur Darstellung vgl. Abbildung 18).

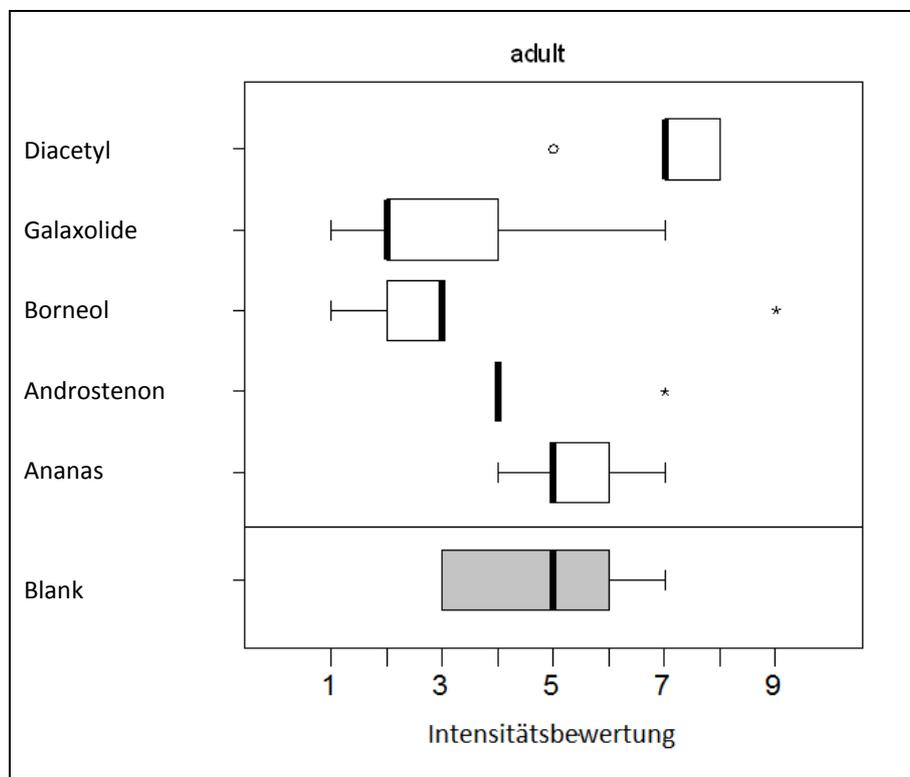


Abbildung 20 Intensitätsbewertung der adulten Altersgruppe (zur Darstellung vgl. Abbildung 18).

3.3. Präferenz

Die in allen folgenden Diagrammen und Tabellen durchgängig gewählte Darstellungsreihenfolge der fünf Duftstoffe: Marzipan – Jasmin – Anis – Kaffee – Pilz (außer in den Rangreihenfolge-Tabellen) ist ohne besondere Bedeutung und wurde nur zur besseren Anschaulichkeit einheitlich so gewählt.

Im Gesamtkollektiv aller Probanden wurde der Marzipangeruch mit Abstand in den meisten Paarvergleichen (70,6%), Pilzgeruch in den wenigsten (27,4%) gegenüber dem alternativ dargebotenen Geruch präferiert. Jasmin und Anis lagen mit knapp mehr als der Hälfte der Paarvergleiche (53,9% bzw. 53,3%), gefolgt von Kaffee (44,9%) dazwischen. (Diese Prozentangaben beziehen sich jeweils auf die Präferenzvergleiche, an denen der Duftstoff beteiligt war.)

3.3.1. Präferenzen - Paarvergleiche in Matrix-Form

Im Vergleich der drei Altersgruppen zeigen sich nur wenige altersspezifische Präferenzunterschiede (Abbildung 21, und Tabelle 4 bis Tabelle 6).

Die präpubertäre Altersgruppe präferierte süßlich riechende Duftstoffe (Marzipan, Jasmin). Danach wurden aromatischere Duftstoffe ausgewählt, hier Anis mit einer süßlichen Komponente noch vor Kaffee, der eine herb-bittere Geruchsnote hat. An letzter Stelle stand Pilz mit dem typischen Geruch.

In der pubertären Altersgruppe wurden die gleichen Duftstoffe mit dem dominierenden süß riechenden Anteil (Marzipan, Jasmin) vor den anderen bevorzugt. Dann folgte Kaffee vor Anis, an letzter Stelle blieb Pilz. Zwischen der präpubertären und pubertären Altersgruppe hatte sich, außer für Kaffee, die Bewertung der Präferenz nicht geändert.

Auffallend ist eine Veränderung in der erwachsenen Altersgruppe. Der aromatisch süße Anis rückte an die erste Stelle, gefolgt von dem bei den vorherigen Altersgruppen an erster Stelle stehenden Marzipan. Pubertäre und erwachsene Probanden platzierten Kaffee in der Bewertung an dritter Stelle. Der in den beiden anderen Altersgruppen positiv bewertete süßliche Jasmin war in dieser Altersgruppe an zweitletzter Stelle zu finden. Der Duftstoff Pilz belegte, wie auch in den anderen Altersgruppen, den letzten Platz.

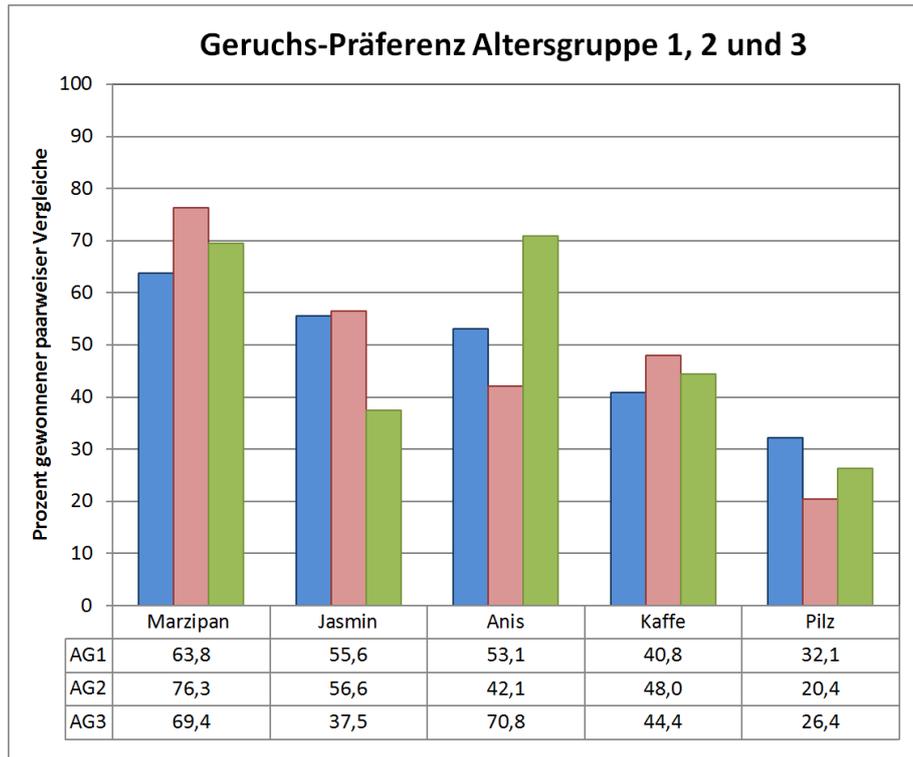


Abbildung 21 Altersspezifische Prozentanteile gewonnener paarweiser Präferenztests der 5 Duftstoffe, prozentual bezüglich der Vergleiche mit Beteiligung des jeweiligen Duftstoffes, blau: präpubertäre Altersgruppe (AG1), rot: pubertäre Altersgruppe (AG2), grün: erwachsene Altersgruppe (AG3)

Tabelle 4 Duftpräferenzen in der präpubertären Gruppe (AG1) bei Paarvergleichen, erste Zahl: Duftstoff linke Spalte, zweite Zahl: Duftstoff obere Zeile.
 Statistische Signifikanz: Pfeile zeigen in Richtung des präferierten Duftstoffs, dunkelblau: Signifikanzniveau $p < 0,01$, hellblau: Signifikanzniveau $p < 0,05$, Kreis: keine Signifikanz

	Marzipan	Jasmin	Anis	Kaffee	Pilz
Marzipan		○	○	←	←
Jasmin	25:23		○	○	←
Anis	20:29	24:24		○	←
Kaffee	14:34	20:28	22:26		○
Pilz	9:39	16:32	14:34	24:24	

Gesamtzahl an Entscheidungen 48 bzw. 49

Tabelle 5 Duftpräferenzen in der pubertären Gruppe (AG2) bei Paarvergleichen, erste Zahl: Duftstoff linke Spalte, zweite Zahl: Duftstoff obere Zeile.
 Statistische Signifikanz: Pfeile zeigen in Richtung des präferierten Duftstoffs, dunkelblau: Signifikanzniveau $p < 0,01$, hellblau: Signifikanzniveau $p < 0,05$, Kreis: keine Signifikanz

	Marzipan	Jasmin	Anis	Kaffee	Pilz
Marzipan		○	←	←	←
Jasmin	14:23		○	○	←
Anis	6:31	14:23		○	←
Kaffee	11:26	15:22	21:16		←
Pilz	1:36	10:27	9:28	11:26	

Gesamtzahl an Entscheidungen jeweils 37

Tabelle 6 Duftpräferenzen in der erwachsenen Gruppe (AG3) bei Paarvergleichen, erste Zahl: Duftstoff linke Spalte, zweite Zahl: Duftstoff obere Zeile.
 Statistische Signifikanz: Pfeile zeigen in Richtung des präferierten Duftstoffs, dunkelblau: Signifikanzniveau $p < 0,01$, hellblau: Signifikanzniveau $p < 0,05$, Kreis: keine Signifikanz

	Marzipan	Jasmin	Anis	Kaffee	Pilz
Marzipan		←	○	○	←
Jasmin	4:14		←	○	○
Anis	10:8	14:4		○	←
Kaffee	5:13	9:9	5:13		○
Pilz	3:15	7:10	4:14	5:13	

Gesamtzahl an Entscheidungen 17 bzw. 18

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Anis

Die drei Altersgruppen unterschieden sich signifikant in der Präferenz für Anis (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,004$). Die präpubertäre Altersgruppe präferierte Anis signifikant seltener als die erwachsene Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,024$). Auch die pubertäre Altersgruppe präferierte Anis signifikant seltener als die erwachsene Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p= 0,003$). Nur knapp signifikant unterschied sich die präpubertäre von der pubertären Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,053$). Die präpubertäre Altersgruppe präferierte Anis etwas häufiger als die pubertäre Altersgruppe.

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männliche Probanden

Pilz

Für den Duftstoff Pilz zeigten die männlichen Probanden unterschiedliche Präferenzen zwischen den drei Altersgruppen (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,006$).

Es wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den männlichen Probanden der präpubertären und der pubertären Altersgruppe für die Präferenz des Duftstoffes Pilz nachgewiesen (Mann-Whitney U-Test, $p=0,002$): 22,2% der männlichen präpubertären Probanden haben den Duftstoff Pilz nie gegenüber einem anderen bevorzugt. Die männlichen pubertären Probanden waren wesentlich deutlicher in der Ablehnung dieses Duftes: die Mehrzahl der Probanden mit 66,7% bevorzugten ihn nie gegenüber einem anderen Duft; 27,8 % der Probanden präferierten ihn einmal gegenüber einem anderen Duft.

Die männlichen Probanden der präpubertären und pubertären Altersgruppe unterschieden sich nicht signifikant von den männlichen Probanden der erwachsenen Altersgruppe für die Präferenz von Pilz (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG3 $p=0,488$, AG2 vs AG3 $p=0,073$).

Weibliche Probanden

Die weiblichen Probanden zeigten signifikante Unterschiede der Präferenz für Marzipan (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,009$) und der Präferenz für Anis (Kruskal-Wallis-Test, $p=0,008$) zwischen den Altersgruppen.

Marzipan

Es wurde eine unterschiedliche Präferenz für Marzipan zwischen der präpubertären und pubertären Altersgruppe gezeigt (Mann-Whitney U-Test, $p=0,004$), die pubertären Probanden bevorzugten Marzipan häufiger als die präpubertären Probanden. Marzipan wurde von 50,0% der weiblichen pubertären Probanden vor allen anderen Duftstoffen präferiert, wohingegen nur 21,4% der präpubertären weiblichen Probanden Marzipan vor allen anderen Duftstoffen bevorzugten. Zwischen den weiblichen Probanden der präpubertären bzw. pubertären und der erwachsenen Altersgruppe wurde kein signifikanter Unterschied für die Präferenz von Marzipan festgestellt (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG3 $p=0,286$, AG2 vs AG3 $p=0,127$).

Anis

Die weiblichen Probanden der präpubertären und der pubertären Altersgruppe unterschieden sich signifikant in der Präferenz für Anis (Mann-Whitney U-Test, $p=0,008$). Die präpuber-

tären Probanden präferierten den Duft häufiger als die pubertären: 39,3% der präpubertären Probanden bevorzugten ihn vor zwei der vier anderen Duftstoffe und 28,6% der präpubertären bevorzugten ihn vor drei anderen Duftstoffen. Die pubertären Probanden präferierten Anis im Vergleich weniger oft: 30,0% bevorzugten ihn zweimal gegenüber einem anderen Duft, 35,0 % präferierten ihn einmal und bei 20,0% der Probanden präferierten ihn nie. Zwischen den weiblichen Probanden der pubertären und erwachsenen Altersgruppe lag eine signifikant unterschiedliche Präferenz für Anis vor (Mann-Whitney U-Test, $p=0,017$). 44,4% der erwachsenen Probanden haben Anis vor allen vier anderen Duftstoffen bevorzugt. Bei den pubertären Probanden wurde Anis von 35,0% gegenüber einer und von 30,0 % gegenüber zweien der anderen Substanz präferiert. Zwischen den weiblichen Probanden der präpubertären und erwachsenen Altersgruppe wurde kein signifikanter Unterschied für die Präferenz von Anis festgestellt (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG3 $p=0,302$).

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Pilz

In der pubertären Altersgruppe zeigte sich zwischen den männlichen und weiblichen Probanden ein signifikanter Unterschied für die Präferenz von Pilz (Mann-Whitney U-Test, $p=0,016$). Die männlichen Probanden präferierten Pilz weniger als die weiblichen Probanden. In der präpubertären und der erwachsenen Altersgruppe wurde kein signifikanter Unterschied in der Präferenz für Pilz zwischen den männlichen und weiblichen Probanden festgestellt (Mann-Whitney U-Test, Pilz AG1 männlich vs weiblich $p=0,463$, AG3 männlich vs weiblich $p=0,341$).

3.4. Diskrimination

Dieser Untertest untersuchte die Fähigkeit, Düfte anhand ihrer geruchlichen Qualität zu unterscheiden: es wurde den Probanden fünfmal ein Dufttriolett angeboten. Zwei Stifte enthielten denselben Duftstoff, während in dem dritten ein anderer Duftstoff gelöst war. An diesem Test nahmen 102 der 105 Probanden teil. Die Probanden mussten sich in einem Forced-Choice Verfahren für den ihrer Meinung nach richtigen Stift entscheiden, das heißt, den Duftstift jedes Trioletts, der nur einmal angeboten wurde, benennen und gegebenen-

falls bei Nichterkennen raten. Die statistische Wahrscheinlichkeit, den richtigen Duftstift nur zufällig zu erraten, wenn in Wirklichkeit gar kein Geruchsunterschied wahrgenommen wird, beträgt in diesem Fall $\frac{1}{3}$.

Abbildung 22 zeigt für alle Probanden der drei Altersgruppen, dass vier Duftpaare von 61% bis 78% der Probanden richtig diskriminiert wurden. Die Zahl der falschen Entscheidungen mit 22% bis 39% zeigt aber, dass die Aufgaben von den Probanden nicht völlig problemlos zu lösen waren. Beim fünften Duftpaar, der Diskrimination zwischen (-)-Carvon und (+)-Carvon, wurde mit 30,7% richtigen Entscheidungen nur die zu erwartende Zufallshäufigkeit von 33,3% erreicht, die Aufgabe war für die Gesamtheit aller Probanden der drei Altersgruppen nicht richtig zu lösen.

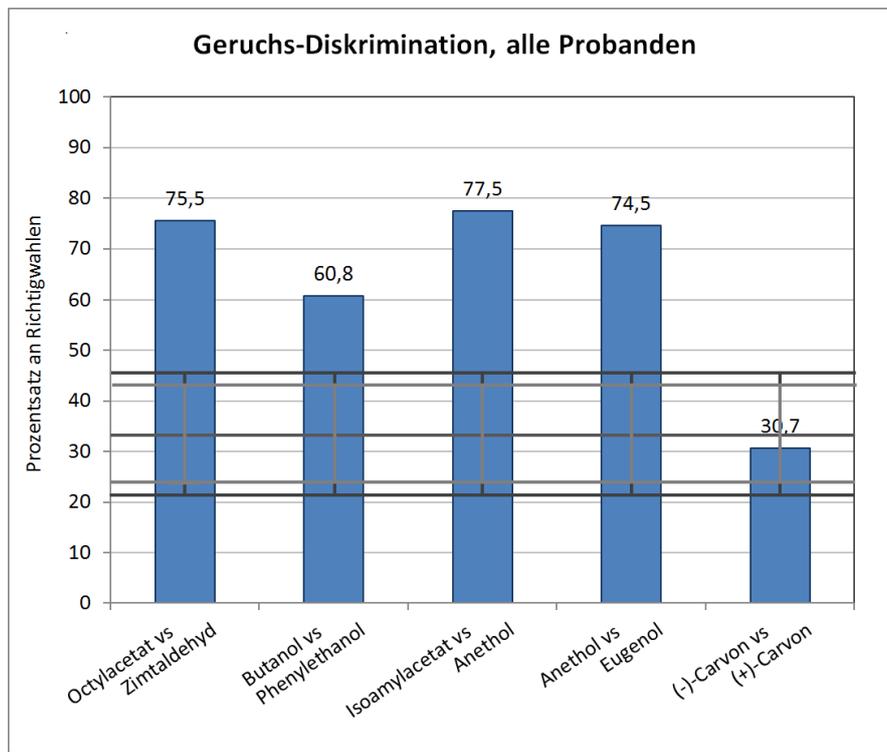


Abbildung 22 Prozentsatz an Richtigwahlen in den fünf Diskriminationstests. Markiert ist bei 33,3 Prozent die Zufallstreffer-Wahrscheinlichkeit. Eingetragen sind die Signifikanzbereiche des Binomialtests, die für eine Probandenzahl von $N=102$ ein rein zufälliges Ergebnis nicht ausschließen lassen. Nur Balken, die außerhalb dieser Bereiche enden, lassen ein Ablehnen der Nullhypothese zu. Außerhalb der grauen Markierungen ist die statistische Signifikanz $p < 0,05$ bzw. $p < 0,01$ für ein nicht-zufälliges korrektes Lösen der Diskriminationsaufgabe durch das Gesamt-Probandenkollektiv. Die Alters- und Geschlechts-Anteile sind im hier dargestellten Gesamtkollektiv nicht gleichmäßig gewichtet.

Diskriminationsfähigkeit in den Probanden-Untergruppen

In Abbildung 23 bis Abbildung 26 werden für Untergruppen der Probanden der Prozentsatz an Richtigwahlen in den fünf Diskriminationstests entsprechend Abbildung 22 dargestellt. Die Signifikanzbereiche, die ein rein zufälliges Ergebnis nicht ausschließen lassen, vergrößern sich dabei mit den kleiner werdenden Gruppengrößen. Diese Signifikanzbereiche wurden entsprechend des Binomialtests für die jeweilige Gruppengröße N ermittelt. Die ersten vier Diskriminationstests konnte die statistisch signifikante Mehrheit der männlichen und weiblichen Probanden lösen, nur die Diskrimination von (-)-Carvon und (+)-Carvon lag bei männlichen und weiblichen Probanden im Bereich der Zufallswahrscheinlichkeit.

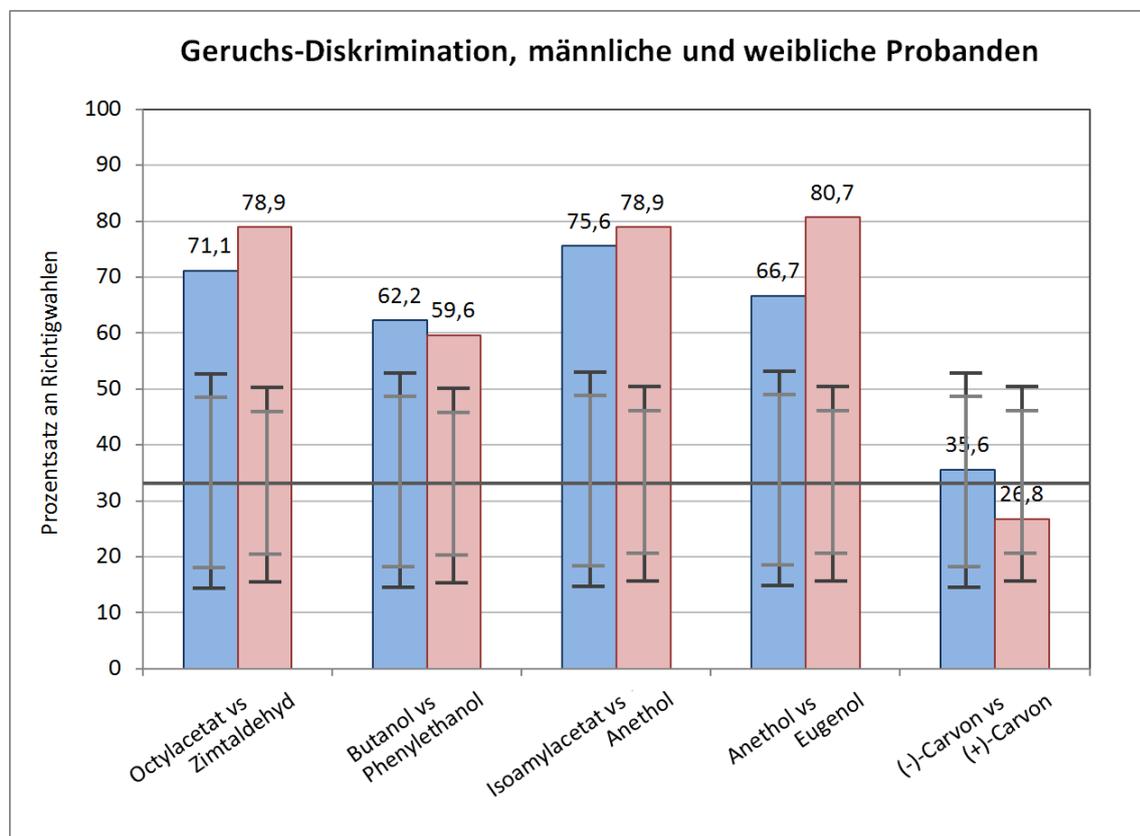


Abbildung 23 Prozentsatz an Richtigwahlen von männlichen (blaue Balken, N=45) und weiblichen Probanden (rote Balken, N=57) in den fünf Diskriminationstests und statistische Signifikanz in Abhängigkeit von der jeweiligen Gruppengröße N. Die vertikalen Varianzlinien sind die Signifikanzbereiche des Binomialtests, die für N=45 bzw. N=57 ein rein zufälliges Ergebnis nicht ausschließen lassen.

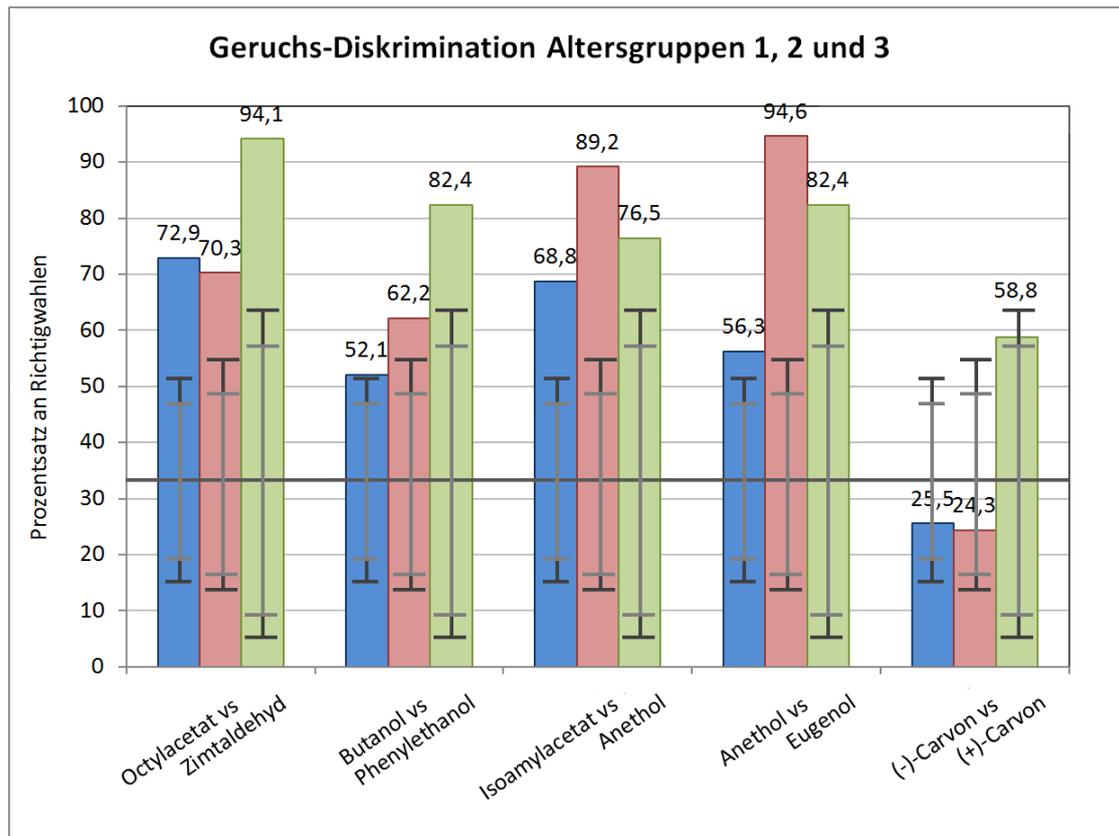


Abbildung 24 Prozentsatz an Richtigwahlen der drei Altersgruppen (blau: präpubertäre Altersgruppe, N=48, rot: pubertäre Altersgruppe, N=37, grün: erwachsene Altersgruppe, N=17) in den Diskriminationstests und statistische Signifikanz in Abhängigkeit von der jeweiligen Gruppengröße N. Die vertikalen Varianzlinien sind die Signifikanzbereiche des Binomialtests, die für die jeweilige Gruppengröße ein rein zufälliges Ergebnis nicht ausschließen lassen.

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen ergaben sich nur für Anethol versus Eugenol und (-)-Carvon versus (+)-Carvon, für die restlichen drei Duftpaare wurde kein signifikanter Unterschied in der Diskriminationsfähigkeit zwischen den Altersgruppen nachgewiesen.

Anethol versus Eugenol

Die Altersgruppen unterschieden sich signifikant in der Diskriminationsfähigkeit von Anethol versus Eugenol (Chi-Quadrat Test, $p < 0,001$). Es wurde ein signifikanter Unterschied zwischen der präpubertären und der pubertären Altersgruppe gefunden (Mann-Whitney U-Test, $p < 0,001$). Die Diskriminationsaufgabe Anethol versus Eugenol wurde von der pubertären

Altersgruppe deutlich besser mit 94,6% Richtigwahlen als von der präpubertären Altersgruppe mit 56,3% Richtigwahlen gelöst. Es wurden keine weiteren signifikanten Altersgruppenunterschiede zwischen der präpubertären und der erwachsenen sowie zwischen der pubertären und der erwachsenen Altersgruppe gezeigt (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG3 $p=0,061$, AG2 vs AG3 $p=0,153$). Die erwachsene Altersgruppe erreichte 82,4% Richtigwahlen.

(-)-Carvon versus (+)-Carvon

Die drei Altersgruppen unterschieden sich signifikant für die Diskriminationsaufgabe (-)-Carvon versus (+)-Carvon (Chi-Quadrat Test, $p=0,026$). Auffällig ist, dass die präpubertäre und pubertäre Altersgruppe mit 25,5% bzw. 24,3% Richtigwahlen einen Wert unter der Zufallswahrscheinlichkeit erzielten (vgl. Abbildung 24).

Die präpubertäre Altersgruppe unterschied sich signifikant von der erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,019$). Nur 25,5% der präpubertären Probanden lösten die Diskriminationsaufgabe richtig und waren damit signifikant schlechter als die erwachsenen Probanden, von denen 58,8% die Diskriminationsaufgabe richtig lösten. Die pubertäre Altersgruppe erzielte nur 24,3% Richtigwahlen und unterschied sich damit auch signifikant von der erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,015$). Es wurde kein signifikanter Unterschied für die Diskriminationsaufgabe zwischen der präpubertären und pubertären Altersgruppe gezeigt (Mann-Whitney U-Test, $p=0,810$).

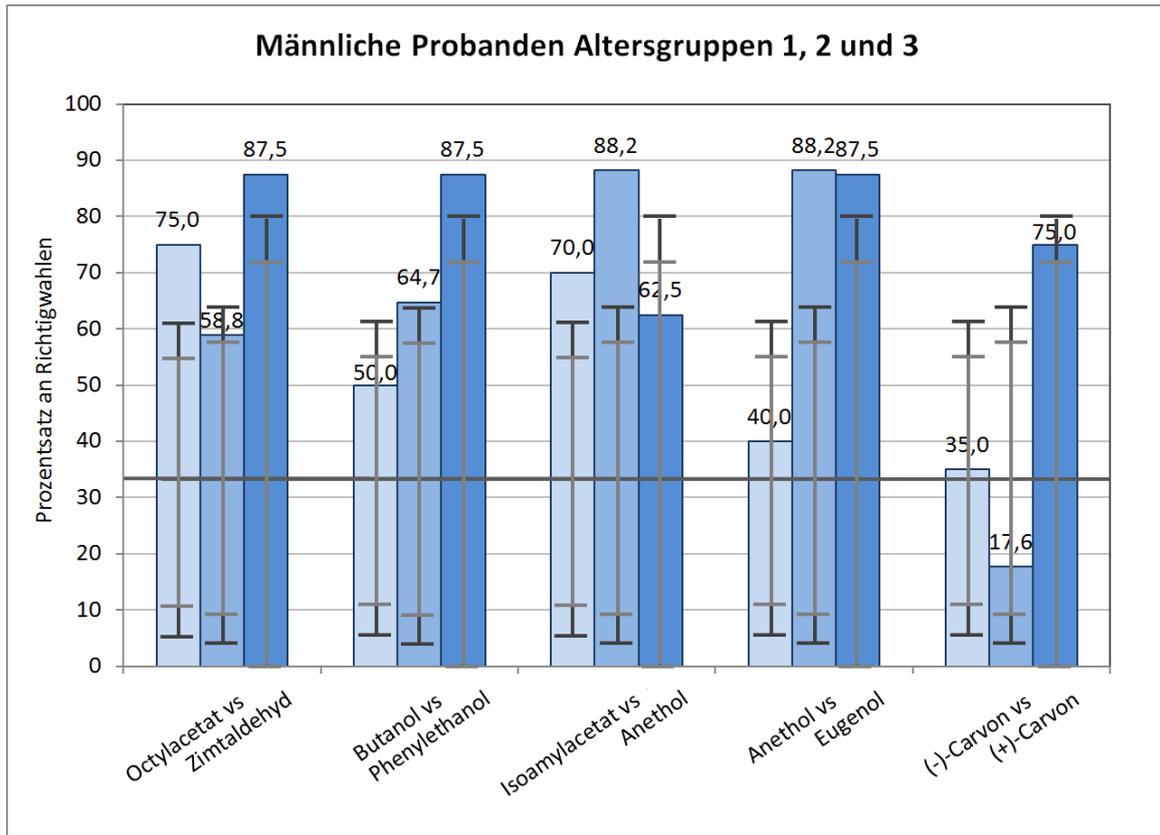


Abbildung 25 Altersgruppenabhängiger Prozentsatz an Richtigwahlen der männlichen Probanden (hellblau: präpubertäre Altersgruppe, N=20, blau: pubertäre Altersgruppe, N=17, dunkelblau: erwachsene Altersgruppe, N=8) in den Diskriminationstests und statistische Signifikanz in Abhängigkeit von der jeweiligen Gruppengröße N. Die vertikalen Varianzlinien sind die Signifikanzbereiche des Binomialtests, die für die jeweilige Gruppengröße ein rein zufälliges Ergebnis nicht ausschließen lassen.

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männliche Probanden

Anethol versus Eugenol

Die männlichen Probanden der drei Altersgruppen unterschieden sich signifikant in der Diskriminationsfähigkeit von Anethol versus Eugenol (Chi-Quadrat-Test, $p=0,003$). Die männlichen Probanden der präpubertären Altersgruppe erzielten 40,0% Richtigwahlen und waren damit signifikant schlechter als die pubertären männlichen Probanden mit 88,2% Richtigwahlen (Mann-Whitney U-Test $p=0,005$). Die männlichen erwachsenen Probanden waren mit 87,5% Richtigwahlen in der Diskrimination von Anethol versus Eugenol auch signifikant besser als die präpubertären Probanden (Mann-Whitney U-Test, $p=0,034$). Es wurde kein

signifikanter Unterschied zwischen der pubertären und erwachsenen Altersgruppe gefunden (Mann-Whitney U-Test, $p=0,959$).

(-)-Carvon versus (+)-Carvon

Für die Diskriminationsaufgabe (-)-Carvon versus (+)-Carvon wurde für die männlichen Probanden zwischen den Altersgruppen ein signifikanter Unterschied ermittelt (Chi-Quadrat Test, $p=0,021$). Die Richtigwahlen der männlichen Probanden der präpubertären und der pubertären Altersgruppe lagen im Bereich der Zufallswahrscheinlichkeit. Die pubertäre Altersgruppe unterschied sich mit 17,6% Richtigwahlen (bei einem Zufallserwartungswert von 33,3%) von den erwachsenen Probanden mit 75,0% Richtigwahlen signifikant (Mann-Whitney U-Test, $p=0,023$). Zwischen den anderen Altersgruppen wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG2 $p=0,268$, AG1 vs AG3 $p=0,201$).

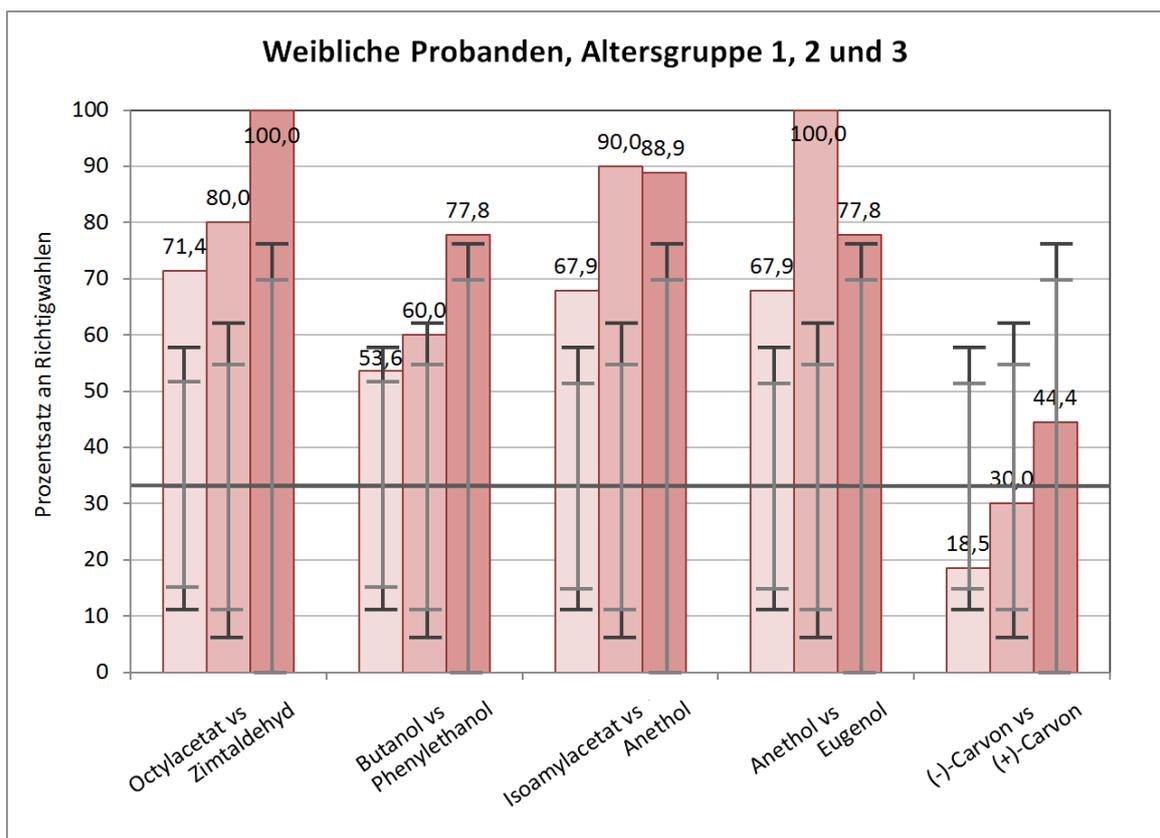


Abbildung 26 Altersgruppenabhängiger Prozentsatz an Richtigwahlen der weiblichen Probanden (hellrot: präpubertäre Altersgruppe, N=28, rot: pubertäre Altersgruppe, N=20, dunkelrot: erwachsene Altersgruppe, N=9) in den Diskriminationstests und statistische Signifikanz in Abhängigkeit von der jeweiligen Gruppengröße N. Die vertikalen Varianzlinien sind die Signifikanzbereiche des Binomialtests, die für die jeweilige Gruppengröße ein rein zufälliges Ergebnis nicht ausschließen lassen.

Weibliche Probanden

Anethol versus Eugenol

Für die weiblichen Probanden wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Altersgruppen für die Diskriminationsaufgabe von Eugenol versus Anethol ermittelt (Chi-Quadrat-Test, $p=0,020$). Die präpubertäre Altersgruppe unterschied sich von der pubertären Altersgruppe signifikant (Mann-Whitney U-Test, $p=0,006$). Die präpubertären weiblichen Probanden erreichten 67,9% Richtigwahlen gegenüber den pubertären weiblichen Probanden mit 100% Richtigwahlen. Von den erwachsenen Probanden lösten 77,8% die Diskriminationsaufgabe, es wurde kein weiterer signifikanter Unterschied zwischen der präpubertären und erwachsenen und zwischen der pubertären und erwachsenen Altersgruppen ermittelt (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG3 $p=0,664$, AG2 vs AG3 $p=0,365$).

(-)-Carvon versus (+)-Carvon

Für die Diskriminationsaufgabe (-)-Carvon versus (+)-Carvon zeigte sich kein signifikanter Unterschied für die weiblichen Probanden zwischen den Altersgruppen (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG2 $p=0,363$, AG1 vs AG3 $p=0,263$, AG2 vs AG3 $p=0,562$).

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Innerhalb jeder Altersgruppe unterschieden sich die männlichen von den weiblichen Probanden statistisch nicht signifikant in der Diskriminationsfähigkeit für die fünf Dufttripletts.

3.5. Identifikation

In diesem Untertest wurde die Identifikationsleistung der Probanden für neun verschiedene, aus dem Alltag bekannte Düfte getestet. Dazu wurde dem Probanden gleichzeitig ein Duftstift mit vier verschiedenen Bildern präsentiert (vgl. Tabelle 7). Die Aufgabe bestand darin, die zu dem Duft passende Abbildung herauszusuchen. Die Probanden mussten sich, auch bei Unsicherheit, für eine Abbildungszuordnung entscheiden.

Tabelle 7 Identifikationstest - Angebotene Duftstoffe und zuzuordnende Abbildungen zur Auswahl				
Duftstoff	Darstellungen			
Zitrone	Apfel	Zitrone	Grapefruit	Pfirsich
Zimt	Schokolade	Honig	Zimt	Vanille
Schuhleder	Rauch	Klebstoff	Schuhleder	Gras
Banane	Walnuss	Banane	Kokosnuss	Kirsche
Apfel	Apfel	Orange	Melone	Pfirsich
Fisch	Schinken	Käse	Brot	Fisch
Kaffee	Kerzenrauch	Zigarette	Wein	Kaffee
Lakritz	Kaugummi	Kekse	Lakritz	Gummibärchen
Rose	Rose	Himbeere	Kamille	Kirsche

Abbildung 27 zeigt für die Gesamtheit der drei Altersgruppen die Identifikationsrate für die neun Duftstoffe. Bei den meisten Duftstoffen lag die Rate an Richtigwahlen über 80%. Ausnahmen bilden die beiden Duftstoffe Schuhleder und Apfel, die von der Gesamtheit der Probanden zu 64,1% bzw. 53,4% richtig erkannt wurden, wobei das ausschließlich an der geringen Identifikationsrate in präpubertären Altersgruppe lag, wie Abbildung 29 zeigt. Durchschnittlich identifizierten die präpubertären Probanden 6,5 von 9 Duftstoffen korrekt, die pubertären 8,0 Duftstoffe und die erwachsenen 8,3 Duftstoffe.

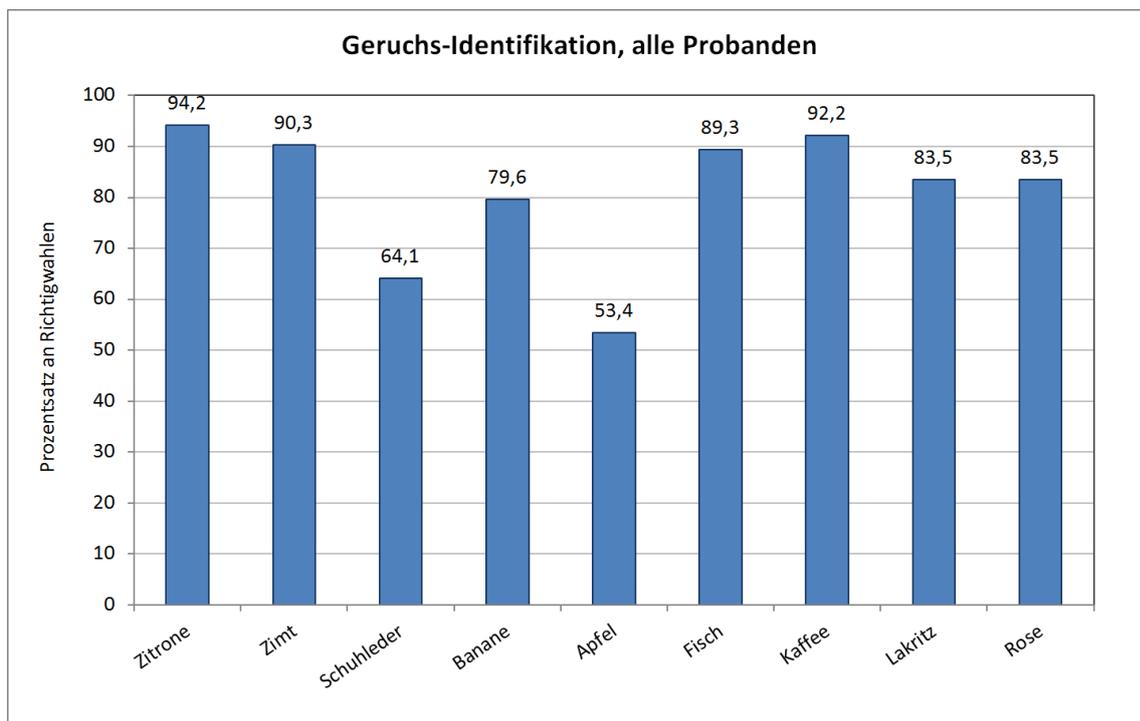


Abbildung 27 Prozentsatz an Richtigwahlen der Probanden (N=103) im Identifikationstest für die neun getesteten Geruchsstoffe

Der Prozentsatz an Richtigwahlen getrennt nach männlichen und weiblichen Probanden wird in Abbildung 28 dargestellt. Die Unterschiede zwischen den männlichen und den weiblichen Probanden sind gering und statistisch nicht signifikant, wobei in der Mehrzahl der Geruchsstoffe (bei 7 von 9) der Prozentsatz an Richtigwahlen der weiblichen Probanden geringfügig höher lag.

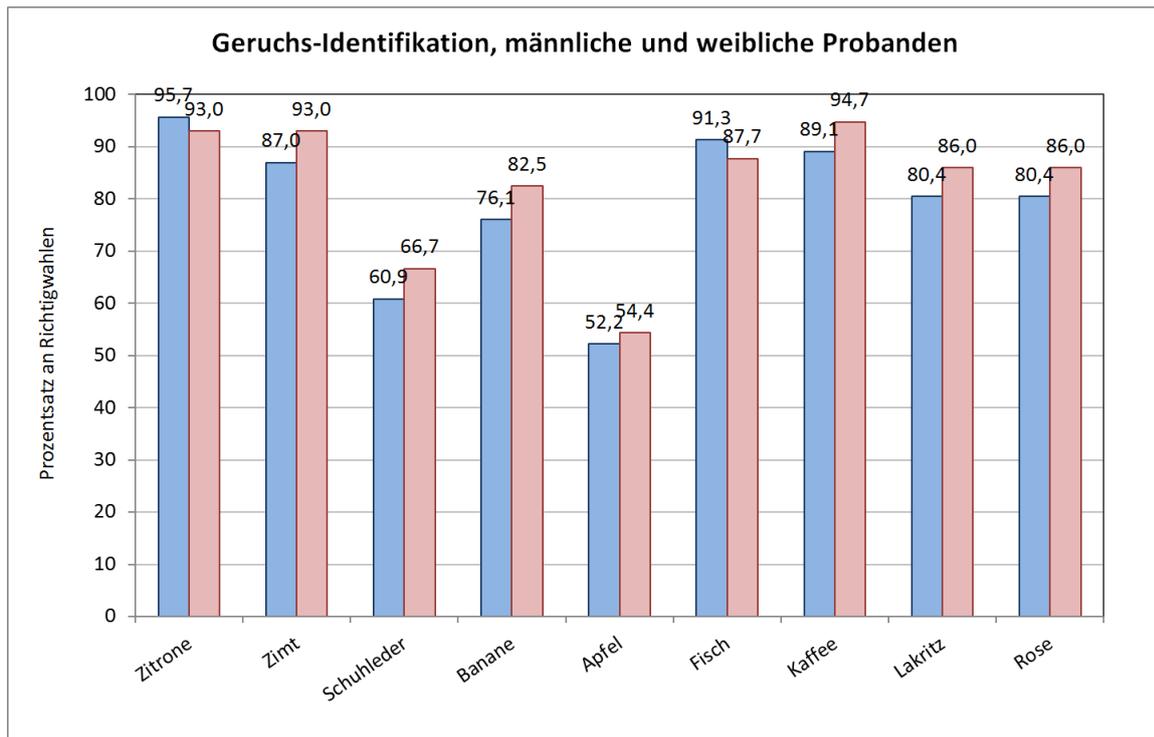


Abbildung 28 Prozentsatz an Richtigwahlen der männlichen (N=46) und weiblichen (N=57) Probanden im Identifikationstest.

Die folgenden Abbildung 29 bis Abbildung 31 geben einen Überblick über den Prozentsatz der Richtigwahlen der drei Altersgruppen im Identifikationstest. Dabei zeigt sich, dass Identifikationsprobleme bei Schuhleder und Apfel in der präpubertären Altersgruppe auftraten, deren Prozentsatz an Richtigwahlen hier im Zufallsbereich lag, in der pubertären Altersgruppe näherte sich der Prozentsatz an Richtigwahlen der erwachsenen Altersgruppe an. In abgeschwächtem Umfang ergab sich dieser Trend auch für den Rosenduft.

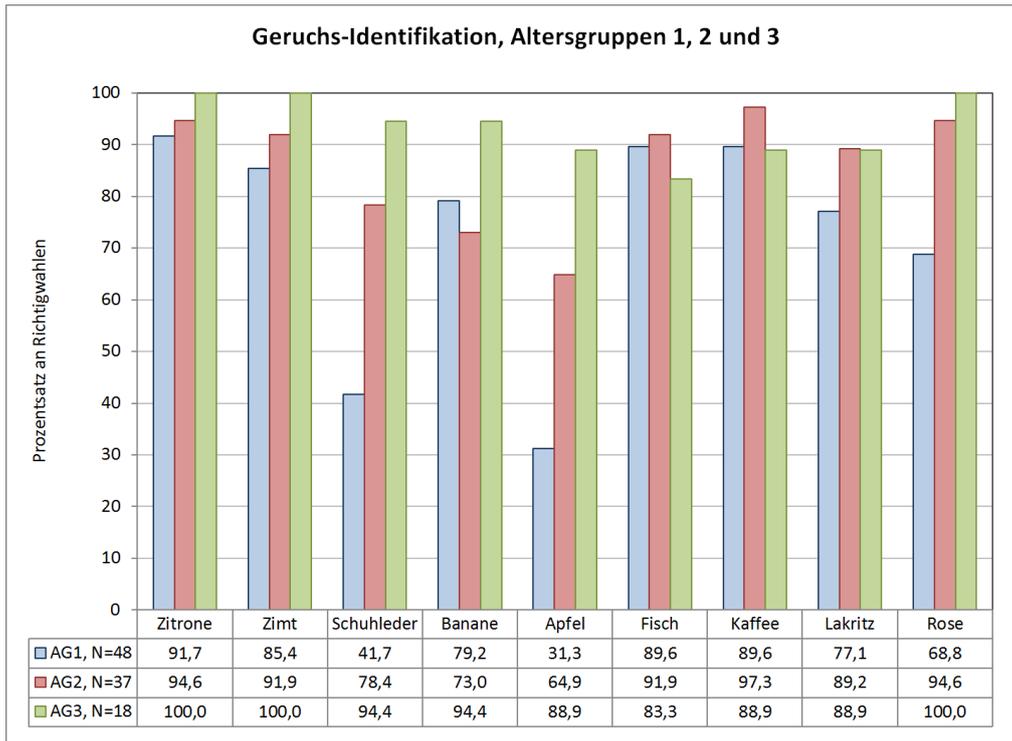


Abbildung 29 Prozentsatz an Richtigwahlen in den drei Altersgruppen im Identifikationstest der neun Duftstoffe. AG1: präpubertäre Altersgruppe, AG2: pubertäre Altersgruppe, AG3: erwachsene Altersgruppe.

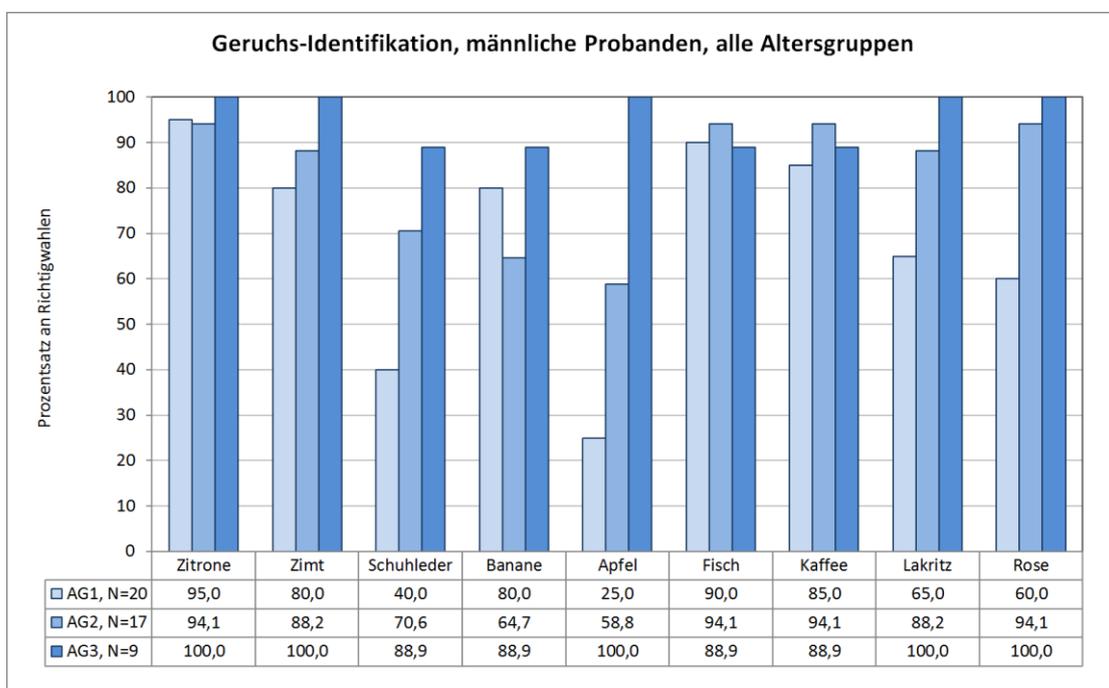


Abbildung 30 Prozentsatz an Richtigwahlen der männlichen Probanden in den drei Altersgruppen im Identifikationstest. AG1: präpubertäre Altersgruppe, AG2: pubertäre Altersgruppe, AG3: erwachsene Altersgruppe.

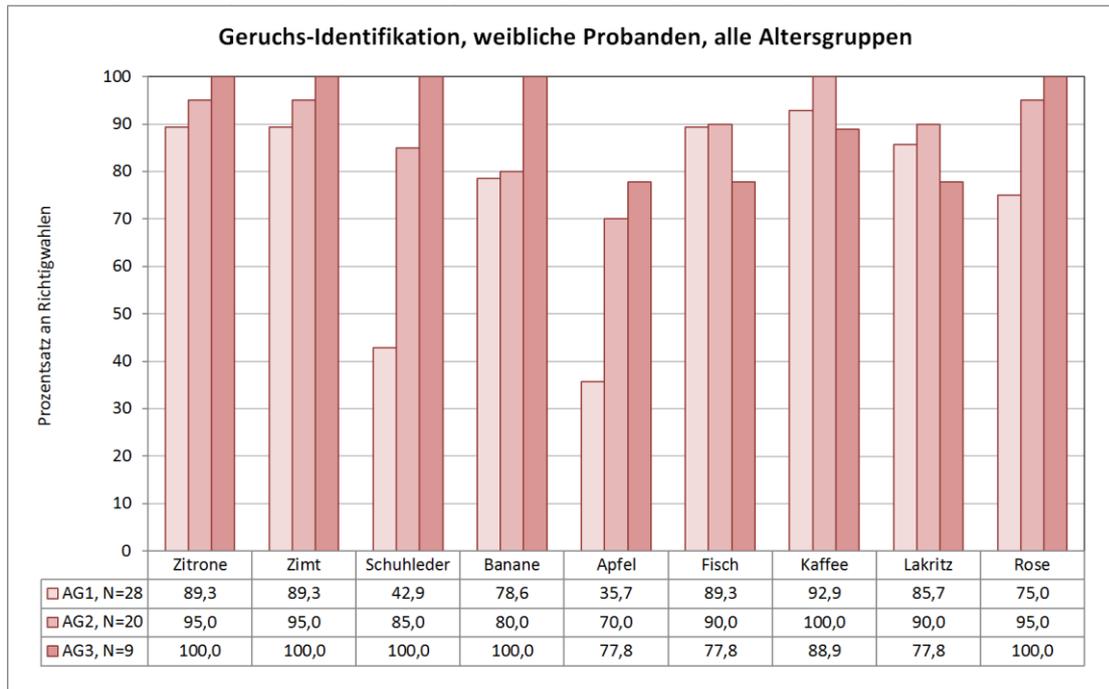


Abbildung 31 Prozentsatz an Richtigwahlen der weiblichen Probanden in den drei Altersgruppen im Identifikationstest. AG1: präpubertäre Altersgruppe, AG2: pubertäre Altersgruppe, AG3: erwachsene Altersgruppe.

Unterschiede zwischen den Altersgruppen

Die drei Altersgruppen unterschieden sich in ihrer Identifikationsleistung signifikant für die Duftstoffe Schuhleder (Chi-Quadrat-Test, $p < 0,001$), Apfel (Chi-Quadrat-Test, $p < 0,001$) und Rose (Chi-Quadrat-Test, $p < 0,001$).

Für alle drei Duftstoffe zeigte sich das gleiche signifikante Ergebnis: die präpubertäre Altersgruppe identifizierte die Duftstoffe Schuhleder, Apfel und Rose signifikant schlechter als die pubertäre (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG2 $p < 0,001$ für Schuhleder, $p = 0,002$ für Apfel, $p = 0,002$ für Rose) und signifikant schlechter als die erwachsene Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, AG1 vs AG3 $p < 0,001$ für Schuhleder, $p < 0,001$ für Apfel, $p = 0,006$ für Rose). Es konnte kein Unterschied zwischen der pubertären und der erwachsenen Altersgruppe festgestellt werden (Mann-Whitney U-Test, AG2 vs AG3 $p = 0,134$ für Schuhleder, AG2 vs AG3 $p = 0,63$ für Apfel, AG2 vs AG3 $p = 0,319$ für Rose).

Unterschiede zwischen den Altersgruppen nach Geschlecht getrennt

Männliche Probanden

Der Prozentsatz an richtigen Wahlentscheidungen der männlichen Probanden in den drei Altersgruppen in Abbildung 30 ließ einen auffälligen Altersfortschritt für die Duftstoffe Schuhleder, Apfel, Lakritz und Rose erkennen.

Schuhleder

Die männlichen Probanden der drei Altersgruppen unterschieden sich signifikant für die Identifikation des Duftstoffes Schuhleder (Chi-Quadrat-Test, $p=0,009$). Es wurde ein signifikanter Unterschied zwischen der präpubertären und pubertären Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,045$) und ein signifikanter Unterschied zwischen der präpubertären und der erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,011$) gefunden. Der Prozentsatz der richtigen Wahlentscheidungen stieg mit zunehmendem Alter an.

Apfel

Die männlichen Probanden der drei Altersgruppen unterschieden sich signifikant für die Identifikation des Duftstoffes Apfel (Chi-Quadrat-Test, $p=0,001$). Der Prozentsatz der richtigen Wahlentscheidungen stieg auch hier mit zunehmendem Alter genau wie bei dem Duftstoff Schuhleder an. Dabei unterschieden sich die präpubertäre von der pubertären Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,042$) und die präpubertäre von der erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test $p=0,000$) signifikant.

Lakritz

Die Identifikation von Lakritz zwischen den männlichen Probanden der Altersgruppen war auf 5% Niveau signifikant (Chi-Quadrat-Test, $p=0,034$). Mit zunehmendem Alter stieg zwar der Prozentsatz an richtigen Wahlentscheidungen an, wegen der geringeren Größen der Altersgruppen werden im Mann-Whitney U-Test aber keine statistisch signifikanten Unterschiede mehr ermittelt.

Rose

Für die Identifikation des Duftstoffes Rose unterschieden sich die Altersgruppen signifikant (Chi-Quadrat-Test, $p=0,003$). Die präpubertäre unterschied sich von der pubertären Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,018$) und die präpubertäre von der erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,026$) signifikant. Der Prozentsatz der richtigen Wahlentscheidungen stieg mit zunehmendem Alter an.

Weibliche Probanden

Der Prozentsatz an richtigen Wahlentscheidungen der weiblichen Probanden in den drei Altersgruppen in Abbildung 31 lässt ebenfalls einen auffälligen Altersfortschritt in der Identifikationsleistung für die Duftstoffe Schuhleder und Apfel, weniger deutlich für Rose erkennen.

Schuhleder

Die weiblichen Probanden der drei Altersgruppen unterschieden sich signifikant für die Identifikation des Duftstoffes Schuhleder (Chi-Quadrat-Test, $p=0,000$). Der Prozentsatz der richtigen Wahlentscheidungen stieg mit zunehmendem Alter an, signifikant unterschieden sich die präpubertäre von der pubertären Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,006$) und die präpubertäre von der erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,004$).

Apfel

Die weiblichen Probanden der drei Altersgruppen unterschieden sich signifikant für die Identifikation des Duftstoffes Apfel (Chi-Quadrat-Test, $p=0,023$) mit einem zunehmenden Prozentsatz an richtigen Wahlentscheidungen mit ansteigendem Alter. Es wurde ein signifikanter Unterschied zwischen der präpubertären und pubertären Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,041$) und ein signifikanter Unterschied zwischen der der präpubertären und der erwachsenen Altersgruppe (Mann-Whitney U-Test, $p=0,051$) ermittelt.

Lakritz und Rose

Die weiblichen Probanden der drei Altersgruppen unterschieden sich nicht signifikant in der Identifikationsleistung für Lakritz und Rose, wogegen der Unterschied bei den männlichen Probanden signifikant war.

Unterschiede zwischen den Geschlechtern innerhalb einer Altersgruppe

Innerhalb einer Altersgruppe wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den weiblichen und männlichen Probanden ermittelt.

4. Diskussion

4.1. Methodendiskussion

Diskussion zum Test-Design

In dieser Studie wurde der standardisierte „Sniffin' Sticks“ Test, der für Erwachsene etabliert ist (beschrieben zum Beispiel bei Hummel et al. [48] und [51]) in einer modifizierten Version mit Kindern durchgeführt. Die „Sniffin' Sticks“ sind ein anerkanntes diagnostisches Werkzeug, die Identifikationsaufgabe beinhaltet einen verbalen Ansatz, die Diskriminationstestung einen nonverbalen Ansatz neben einer ausführlichen Testung der Geruchsschwelle. Verschiedene Autoren (Hummel et al. [48], Hummel et al. [51], Kobal et al.[59]) zeigten, dass durch die Anwendung der „Sniffin' Sticks“ bei Erwachsenen die altersbedingten Veränderungen des Geruchssinnes und auch die unterschiedliche olfaktorische Leistung zwischen Männern und Frauen abgebildet werden können. Die Untersuchung der Geruchsleistung von Kindern und Jugendlichen tritt hinter den Untersuchungen an Erwachsenen in diesem Gebiet zurück und es ist kein etablierter Geruchstest für Kinder und Jugendliche bekannt. Die hier vorgestellte Testreihe wurde an dem etablierten „Sniffin' Sticks“ Test angelehnt, mit dem Ziel, einen kindgerechten Geruchstest zu etablieren, der zu diagnostischen Zwecken angewandt werden kann. Weiterhin sollte untersucht werden, ob es pubertätsbedingte Veränderungen der Geruchsleistung gibt und ob diese mit dem vorliegenden Testdesign nachweisbar sind. Dazu wurde mit selbst angesetzten Duftstoffen nach hedonischen Qualität, Intensitätswahrnehmung und Präferenzbewertung gefragt. Der Grund für diese Modifikation des etablierten Tests waren anekdotische Berichte, dass sich die hedonische oder Intensitätsbewertung für verschiedene Duftstoffe im Verlauf der Pubertät ändert. Beispielsweise beschrieben Laing und Clark [69] für männliche Probanden eine veränderte Präferenzbewertung für den Geruch von Kaffee, Fleisch oder Hühnchen, die während der Pubertät positiver bewertet worden sind als im Kindesalter, ohne dass sich die Präferenzbewertung für sieben weitere untersuchte Gerüche, die mit Nahrungsmitteln assoziiert waren, änderte.

Nach Doty [35] bestand ein deutlicher Zusammenhang zwischen Versuchsdauer einer Geruchstestung und Reliabilität. Er sah die maximal zulässige Gesamtzeitdauer eines Geruchstests bei 45 Minuten für erwachsene Probanden. Da bei Kindern von einer geringeren Aufmerksamkeitsdauer auszugehen ist, wurde mit einer Testdauer von ca. 30 Minuten in der hier vorgestellten Untersuchung der zeitliche Rahmen an die Konzentrationsfähigkeit der jüngsten Probanden angepasst. Dazu wurde die Diskriminationstestung von sechzehn Triplets in der standardisierten „Sniffin' Sticks“ Testreihe auf fünf Triplets gekürzt. Die Identifikationstestung wurde ebenfalls gekürzt, von sechzehn Aufgaben auf neun.

In Nordamerika hat der von Doty et al. ([26], [34]) entwickelte UPSIT „University of Pennsylvania Smell Identification Test“, der ein „Scratch and sniff“ Test ist, oder der gestaffelte CC-SIT „Cross Cultural Smell Identification Test“ die größte Verbreitung als Geruchstest (Hummel et al. [48], Doty et al. [34]). Diese Testreihen wiesen zwar eine hohe Reliabilität und Validität für die untersuchte Teilleistung, nämlich das Identifikationsvermögen des Geruchssinnes auf, sind aber in Europa nicht verbreitet und stellten zusätzlich motorische Anforderung an die Probanden. Bei diesem Test wurden die Duftstoffe in Form eines kleinen Heftes, das den verkapselten Duftstoff auf Karten enthielt, an die Probanden verschickt. Die Probanden mussten den Duftstoff durch Aufrubbeln mit einem Stift freisetzen.

Für die Untersuchung der Geruchsleistung von Kindern gab es bisher kein etabliertes Testdesign. Richman et al. [90] und Hallberg et al. [45] untersuchten Kinder und Jugendliche auch mit „scratch`n`sniff“- Karten und zeigten eine Verbesserung der Identifikation von Duftstoffen mit zunehmendem Alter. Davidson et al. [21] untersuchten mit dem sogenannte „Alcohol Sniff Test“ die Sensitivität des Geruchssinnes bei Kindern: dazu wurde dem Probanden ein mit 70% Isopropyl Alkohol getränkter Pad in einem definierten Abstand unter die Nase gehalten und nach oben in Richtung Nase bewegt. Der Proband berichtete, wann er einen Geruch wahrnahm, so dass eine Unterscheidung zwischen Anosmie, Hyposmie und Normosmie möglich war. Diese Untersuchung war nur als Screening Test der Sensitivität konzipiert.

Meiner Meinung nach sind die „Sniffin' Sticks“, die das natürliche Riechverhalten der Probanden nicht stören, geeigneter für eine Geruchstestung, als die Geruchsdarbietung durch das „Aufrubbeln“ einer Karte, bei der die Intensität des freigesetzten Duftstoffes durch unterschiedlich starkes Drücken beim Aufkratzen variieren kann oder als die Geruchsdarbietung durch sogenannte „Squeeze bottle“. Bei diesen Plastikflaschen wird durch das Heraus-

drücken des Duftes unter der Nase nicht nur ein olfaktorischer Stimulus gesetzt, sondern durch den verursachten Luftstrom auch ein taktiler Reiz in den Nasenhöhlen ausgelöst (Laing [68]). Die bessere Riechleistung wechselt in den beiden Nasenhöhlen im Tagesverlauf. Deshalb wurden die Duftstifte grundsätzlich mittig unter der Nase positioniert. Die Probanden neigten dann intuitiv den Kopf zur aktuell leistungsfähigeren Nasenhöhle. Doty [35] zeigte, dass über die bilaterale Testung beider Nasenhöhlen immer die Wahrnehmung über das besser wahrnehmende Nasenloch stattfand. Principato [88] führte dies auf einen einseitig verstärkten Luftstrom über ein Nasenloch beim Atmen zurück, der im Laufe des Tages periodischen Wechsels unterlag.

Diskussion zu Altersgruppen und Gruppengröße

Die Untergrenze der jüngsten Altersgruppe wurde in der hier vorgestellten Untersuchung zu sechs Jahren festgelegt. Diese Altersgrenze deckt sich mit Engen [38], der seine jüngste Probandengruppe ab einem Alter von sechs Jahren auswählte, um die Hedonik und Intensität von Gerüchen zu untersuchen.

Richman et al. [91] zeigten, dass ab einem Alter von fünf Jahren eine Präferenztestung von fünf Duftstoffen (Baby Puder, Kaugummi, Bonbon („Candy Cane“), Lakritz, Pfirsich) grundsätzlich möglich war. Vor dem 6. Lebensjahr wurden jedoch Besonderheiten bei der Geruchsbewertung gefunden: Kinder vor dem 6. Lebensjahr neigten dazu, eine positiv formulierte Frage zu bejahen und sie wiesen eine kürzere Aufmerksamkeitsspanne als ältere Kinder oder Jugendliche auf (Mennella et al. [79]). Andere Autoren zeigten, dass Kinder unter fünf Jahren toleranter gegenüber Gerüchen sind, die von Erwachsenen als unangenehm bewertet wurden, wie beispielsweise Buttersäure (Engen [37], Peto [86]). Auch Stein et al. [106] beobachteten bei 3- bis 4-jährigen Kindern, dass sie den Geruch von Amylacetat (Qualität von Banane, Pfirsich, fruchtig-süßlich) als genauso angenehm bewerteten wie den Geruch von Schweiß oder Fäkalien, wohingegen 6- bis 7-jährige Kinder ähnliche hedonische Rangreihen wie Erwachsene angaben, jedoch waren die Bewertungen weniger konsistent als bei Erwachsenen. Engen [38] beschrieb auch, dass ab dem 5.-7. Lebensjahr Präferenzmuster für Gerüche angegeben wurden, die denen von Erwachsenen ähnelten.

Demgegenüber stehen neuere Untersuchungen (Schmidt und Beauchamp [100], Strickland et al. [109]), die bei 3-jährigen Präferenzmuster gefunden haben, die denen erwachsener Probanden entsprechen. Dies wurde durch Techniken ermöglicht, die die geringere Auf-

merksamkeitsspanne, Gedächtnisleistung und eingeschränkte Kommunikationsfähigkeit der jüngeren Kinder berücksichtigten. Um die hedonische Bewertung der Kinder zu erfassen, wurden sie aufgefordert, die für sie jeweils „guten“ und „schlechten“ Gerüche den entsprechenden Charakteren aus der Kinderserie „Sesamstraße“ zuzuordnen: Oscar the Grouch „Oskar aus der Mülltonne“ und Big Bird „Bibo“. Auch Schmidt [102] verwendete für die hedonische Bewertung Gesichtsskalen, weil dieses Verfahren verbale Antworten vermied und an die jüngsten Probanden die geringste Konzentrationsanforderung stellte. In Anlehnung an die im oberen Abschnitt vorgeschlagene bildliche Präsentation der Duftstoffe wurden im vorgestellten Test eine Abbildungen für die hedonische Testung (Abbildung 2, S. 22) und eine Skala für die Intensitätsbewertung (Abbildung 3, S. 22) verwendet.

In der hier vorgestellten Untersuchung wurden Kinder vom 6. bis zum Ende des 11. Lebensjahres für die präpubertäre Altersgruppe (N=49, Durchschnittsalter 8,23 Jahre) ausgewählt. Es wurden zwei weitere Altersgruppen festgelegt: eine pubertäre Altersgruppe vom 14. bis Ende des 17. Lebensjahres (N=38, Durchschnittsalter 15,7 Jahre) und eine erwachsene Altersgruppe ab 18 Jahren (N=18, Durchschnittsalter 22,52 Jahre). Die Gruppeneinteilung basiert auf dem regulären Pubertätsbeginn: bei Mädchen ist es die Zeit zwischen Thelarche (Pubertätsstadium B2 nach Tanner) über beginnende Schambehaarung bis zur Menarche, meist im 12. bis 13. Lebensjahr (Göretzlehner et al. [42]). Bei Jungen ist es die meist im 12. Lebensjahr eintretende Vergrößerung der Testes im Stadium G2 nach Tanner (Bierich [8]).

In der Literatur beschriebene Geruchstests an Kindern wiesen unterschiedliche Gruppengrößen auf: zwischen 114 Probanden im Alter von 4-10 Jahren (Richman et al. [90]) und 44 Probanden im Alter von 4-6 Jahren (Murphy [81]) für die jüngste Altersgruppe. Strauss [108] untersuchte 100 präpubertäre (8-10 Jahre), 100 adoleszente (16-18 Jahre) und 100 erwachsene (21-39 Jahre) Probanden in Hinsicht auf die Wahrnehmungsschwelle für 2-Phenylethanol. In der vorliegenden Untersuchung ist die Anzahl der erwachsenen Probanden geringer als die der beiden anderen Altersgruppen. Eine höhere Probandenzahl hätte die statistische Signifikanz verbessert. Andererseits untersucht der hier vorgestellte Geruchstest mit fünf verschiedenen Untertests und 24 verwendeten Duftstoffen wesentlich mehr als die oben zitierten Autoren, die oft nur eine einzelne Geruchsleistung abfragten. Strauss [108] untersuchte nur die Wahrnehmungsschwelle, Saito et al. [94] erfragte die Intensitäts- und Hedonikbewertung.

Die Anzahl der Probanden bei etablierten Geruchstests für Erwachsene differierte zwischen den verschiedenen Studien erheblich. Einzelne Testreihen, die bezüglich den Testkriterien Validität und Reliabilität geprüft sind, wiesen über 1000 Probanden auf, wie z.B. Doty et al. [26], der mit dem „University of Pennsylvania Smell Identification Test“ an 1198 Probanden (Altersdurchschnitt 35,79 Jahre, Standardabweichung 19,72 Jahre, Median 29,29 Jahre, 19% Raucher) untersuchte, ob Alter, Geschlecht und Rauchen die Geruchsfähigkeit beeinflussten. Zu Einzelfragestellungen, wie beispielsweise der Intensitätsbewertung, untersuchten Doty et al. [26] jeweils 26 männliche und 26 weibliche Probanden mit einem Durchschnittsalter von 24,87 Jahren (18 bis 40 Jahre). Diese Gruppengröße entspricht bis auf die erwachsene Altersgruppe der Probandenzahl in der vorliegenden Studie. Kobal et al.[59] untersuchten mit den „Sniffin' Sticks“ 24 gesunde Probanden im Alter von 24 bis 59 Jahren. Diese Probandenzahl reichte aus, um statistisch signifikant nachzuweisen, dass weibliche Probanden eine stärker ausgeprägte olfaktorische Sensitivität als männliche Probanden aufwiesen.

Methodendiskussion Schwellenwertbestimmung

In der vorliegenden Untersuchung wurde im ersten Untertest die Wahrnehmungsschwelle für n-Butanol und für 2-Phenylethanol untersucht. Der Duftstoff n-Butanol eignet sich durch seine neutrale hedonische Bewertung für die Schwellenwertbestimmung (Stevenson und Repacholi [107]). 2-Phenylethanol wird als rein olfaktorischer Duftstoff auch in anderen Untersuchungen für die Schwellenwerttestung eingesetzt (Croy et al. [19], Strauss [108]). Die Methode, die Wahrnehmungsschwelle eines Duftstoffes durch eine stufenartigen Testung in 16 Konzentrationsstufen zu untersuchen, ist etabliert und wird als verlässlich bewertet (Doty [35], Hummel et al. [48], Kobal et al.[59]). Um den Schwellenwert zu ermitteln, wurde der den Duftstoff enthaltende Stift jeweils dreimal im Wechsel mit dem geruchsfreien Blank, wie auch von Hummel et al. [48] beschrieben, angeboten. In der hier vorliegenden Untersuchung standen 16 Verdünnungsstufen zur Prüfung bereit, um jedoch eine kindgerechte Testung mit überschaubarer Zeitdauer zu gewährleisten, wurde mit der Verdünnungsstufe 7 begonnen.

Methodendiskussion Hedonik und Intensität, Präferenz

Die hier vorgestellte Untersuchung erfragte die hedonische Bewertung anhand einer, wie bei Chen et al. [17] verwendeten 7-Punkte Gesichterskala (Abbildung 2, S. 22) und die Intensi-

tätsbewertung anhand einer 9-Punkte Skala (Abbildung 3, S. 22). Engen [38] erbrachte den Nachweis, dass 7-jährige Probanden (N=32) die verschiedenen Intensitätsstufen eines Duftstoffes unterscheiden konnten, indem sie drei Verdünnungsstufen von Orangenblütenöl mithilfe von Skalen korrekt klassifizierten.

Zur Präferenzrangreihung bei Kindern oder Jugendlichen gibt es weniger und nur ältere Studien als zu Untersuchungen der Identifikation, Wahrnehmungsschwelle oder Diskrimination. Als einer der wenigen untersuchte Engen [38] 4- bis 7-jährige Probanden und Erwachsene (N=166) mit einer Forced-Choice Methode, bei der sich die Probanden im direkten Duftstoffvergleich jeweils für den als angenehmer empfundenen Duftstoff entscheiden sollten. Es wurden vier hedonisch gegensätzliche Duftstoffe und das nahezu geruchsfreie Lösungsmittel Diethylphthalat bewertet und die Paarvergleiche wurden in eine 7-Punkt-Präferenzskala angeordnet. Engen [38] beschrieb die Tendenz der jüngsten Probanden im Alter von vier Jahren, Fragen nach der hedonischen Bewertung immer positiv zu beantworten und fast keinen Unterschied zwischen unangenehmen und angenehmen Gerüchen zu machen. Die Antworten der Erwachsenen unterlagen einer breiteren Streuung als die der Kinder.

In der hier vorgestellten Untersuchung sollte die Testung der Hedonik, Intensität und Präferenz die Frage nach entwicklungs- und geschlechtsspezifischen Veränderungen des Geruchssinnes im Laufe der Pubertät beleuchten. Wenn es um den Nachweis hormonabhängiger Veränderungen der Geruchswahrnehmung geht, wäre es sinnvoll, das angewendete Testdesign zu folgenden Punkten zu überdenken. Für diese Fragestellung sollte die Geruchstestung auf wenige Substanzen beschränkt sein, einige Gerüche von denen die unterschiedliche Bewertung zwischen den Geschlechtern und Altersgruppen schon bekannt ist (wie bei Androstenon oder Körpergerüchen) und zusätzlich können wenige andere Substanzen getestet werden. Wichtig für diese Fragestellung sind eine Zyklusanamnese (Follikel-, Ovulations-, Lutealphase), Medikamentenanamnese (Pilleneinnahme) und gegebenenfalls eine Überprüfung des Hormonlevels mittels Speichelprobe oder Serumblutentnahme, weil es deutliche individuelle Unterschiede in den verschiedenen Zyklusphasen geben kann. Ereignisevozierte Potentiale oder bildgebende Untersuchungen können hinzugezogen werden, um zu erklären, ob eine Veränderung auf sensorischer Ebene bei der geruchlichen Wahrnehmung oder auf kognitiver Ebene bei der Informationsverarbeitung stattfindet.

Methodendiskussion Diskrimination, Identifikation

Die geruchliche Diskriminationsleistung von Kindern und Jugendlichen wurde in Europa meist mithilfe der „Sniffin' Sticks“ erfragt (Kobal et al. [60], Hummel et al. [51]).

Kobal et al. [60] legten die erste Altersgruppe von 6 bis 15 Jahre fest und unterschieden nicht zwischen prä- und pubertären Probanden, die erwachsenen Probanden unterschieden sie in drei weitere Altersgruppen. In der hier vorliegenden Untersuchung wurde die erste Altersgruppe in eine präpubertäre Altersgruppe von 6 bis 11 Jahre und in eine pubertäre Altersgruppe vom 14. bis zum abgeschlossenen 18. Lebensjahr aufgeteilt.

In der hier vorliegenden Untersuchung wurde der Diskriminationstest gegenüber dem Standard-„Sniffin' Sticks“ Set von sechzehn auf fünf Aufgaben und der Identifikationstest von sechzehn auf neun Aufgaben gekürzt, um eine auf das Alter der jüngsten Probanden zugeschnittene Zeitdauer der Testung zu erzielen.

Die Identifikationsleistung untersuchten Richman et al. [90] an Kindern mit „scratch`n`sniff“-Karten und illustrierten den Duftstoff mit Fotografien. Die Methode der bildlichen Darstellung der Duftstoffe wurde auch in der hier vorliegenden Untersuchung mithilfe von Fotografien durchgeführt (siehe Anhang S. 112). Auch in anderen den Studien (Murphy [81], Jehl und Murphy [52]) wurden Kindern im Alter von 3 bis 16 Jahren als Hilfestellung für die Identifikationsaufgabe Bilder zu den Duftstoffen gezeigt. Dies führte zu einer besseren Identifikationsleistung als die alleinige Benennung des Duftstoffes aus dem Gedächtnis.

4.2. Ergebnisdiskussion

Ergebnisdiskussion Schwellenwertbestimmung

Die hier vorgestellte Untersuchung zeigte, dass die präpubertäre Altersgruppe für die Duftstoffe n-Butanol und 2-Phenylethanol in der Schwellenwerttestung signifikant höhere Schwellenwerte erreichte und damit eine geringere Sensitivität aufwies als die pubertäre und erwachsene Altersgruppe. Dieses Ergebnis stimmt mit den meisten Autoren überein.

Koelaga [63] untersuchte drei Altersgruppen (Altersdurchschnitt 9 Jahre (N=58), Altersdurchschnitt 15 Jahre (N=58), Altersdurchschnitt 20 Jahre (N=112)) bezüglich ihrer olfaktorischen Sensitivität für fünf Duftstoffe (Amylacetat, n-Butanol, Isovaleriansäure, Pentadecanolide, Oxahexadecanolide). Es wurde eine geringe Sensitivität für n-Butanol für die jüngste

Altersgruppe und eine noch geringere Sensitivität für die Moschusdüfte Pentadecanolide und Oxahexadecanolide im Vergleich zu den älteren Altersgruppen gezeigt. Die untersuchten Kinder waren jedoch genauso sensitiv für Amylacetat wie die Erwachsenen. Koelaga [63] stellte die Hypothese auf, dass die bessere Sensitivität der Kinder für Amylacetat auf das weitverbreitete Vorkommen dieses Stoffes in Lebensmitteln (z.B. Bonbon, Bananen) zurückzuführen war. Das Wiedererkennen eines Duftes erleichtert grundsätzlich die Sensitivitätstestung für diesen Duft. Die geringere Sensitivität für n-Butanol kann auch durch den ungewohnt chemischen Charakter bedingt sein.

Kobal et al. [60] untersuchten mit „Sniffin' Sticks“ die geruchliche Sensitivität für n-Butanol. In dieser Untersuchung erreichte die Altersgruppe von 16-35 Jahren signifikant niedrigere Schwellenwerte für n-Butanol und wies damit eine höhere Sensitivität auf als die jüngere Altersgruppe von 6 bis 15 Jahren. Geschlechtsspezifische Unterschiede wurden nicht nachgewiesen.

In einer Untersuchung von Lehrner [74], der die Geruchsleistung über die gesamte menschliche Lebensspanne prüfte, wurden unter anderem Kinder im Alter von 5-14 Jahre (N=47) und junge Erwachsene im Alter von 18-19 Jahre (N=54) verglichen: die Schwellenwahrnehmung für n-Butanol verbesserte sich vom Kindes- bis zum Erwachsenenalter, dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant und es wurden keine Geschlechtsunterschiede berichtet.

In einer Untersuchung von Hummel et al. [50], in der neben der psychophysischen Schwellenwertbestimmung mithilfe der „Sniffin` Sticks“ auch elektrophysiologische Untersuchungen durchgeführt wurden, zeigte sich keine signifikant unterschiedliche Schwellenwahrnehmung für 2-Phenylethanol bei Probanden im Alter von 3 bis 12 Jahren (N=146) und es wurden auch keine geschlechtsspezifischen Unterschiede gefunden. In der Altersgruppe der 3- bis 5-jährigen war eine Testung mit den „Sniffin` Sticks“ bei 44 % der Probanden nicht vollständig durchführbar; diese Altersgruppe wurde von der Auswertung ausgeschlossen.

Die hier vorgestellte Untersuchung wurde auf Unterschiede zwischen den Geschlechtern überprüft. Bei der Schwellenwertbestimmung für 2-Phenylethanol detektierten die weiblichen präpubertären Probanden den Duftstoff in einer signifikant niedrigeren Konzentration als die männlichen präpubertären Probanden. Zwischen den männlichen und weiblichen Probanden der pubertären und erwachsenen Altersgruppe wurden keine signifikanten Unterschiede bei der Schwellenwertbestimmung für 2-Phenylethanol gefunden. Für n-Butanol

wurde in keiner Altersgruppe zwischen den Geschlechtern ein signifikanter Unterschied in der Schwellenwahrnehmung ermittelt.

Eine höhere geruchliche Sensitivität von weiblichen Probanden im Vergleich zu männlichen Probanden wurde in mehreren Untersuchungen demonstriert. Koelaga und Köster [61] zeigten, dass 8- bis 10-jährige Mädchen im Vergleich zu den gleichaltrigen männlichen Probanden eine höhere Sensitivität für Amylacetat aufwiesen. Doty ([29], [32]) beschrieb, dass in mehreren Untersuchungen die weiblichen Probanden niedrigere Schwellenwerte und damit eine höhere Sensitivität als die männlichen Probanden aufwiesen. Dass dieses Ergebnis in der hier vorgestellten Untersuchung in der erwachsenen Altersgruppe nicht nachweisbar war, kann an der geringeren Fallzahl in dieser Altersgruppe liegen.

Schaal [97] fand in seinen Untersuchungen an Kleinkindern und Kindern ebenfalls eine generelle Verbesserung der Geruchsleistung mit zunehmendem Alter. Er vermutete, dass die Kinder mit zunehmendem Alter die verbalen Instruktionen besser umsetzen konnten. Für Schaal [95] war die Schwellenwertmessung eine adäquate Methode zur Beurteilung der Geruchsfähigkeit von der Geburt bis zur Pubertät. Dass die wiederholte Exposition die Sensitivität für einen Duftstoff erhöhte, wurde unter anderem von Doty et al [24] nachgewiesen. Grundsätzlich bleibt festzuhalten, dass in den meisten Schwellenwerttestungen keine Geschlechter-Unterschiede nachgewiesen wurden. In der vorliegenden Untersuchung wurde nur ein Geschlechter-Unterschied für die Sensitivität der präpubertären Altersgruppe für 2-Phenylethanol gefunden. Bei diesem Ergebnis mischen sich unter Umständen Alterstrend und Geschlechtsunterschiede, da Mädchen im Durchschnitt entwicklungsbedingt bereits eine bessere Kommunikationsfähigkeit besitzen als die Jungen gleichen Alters.

Abschließend bleibt die Frage von Schaal [97] offen, ob sich tatsächlich mit zunehmendem Alter der Kinder der Geruchssinn verbessert oder ob die verbesserten Testergebnisse auf die geistige Entwicklung im Kindesalter zurückzuführen sind, Aufgaben besser zu verstehen und umzusetzen zu können.

Ergebnisdiskussion Hedonik und Intensität

Es werden zunächst die Ergebnisse aller Duftstoffe bis auf Androstenon und Galaxolide diskutiert, wegen ihrer Sonderstellung werden die Ergebnisse von Galaxolide und Androstenon am Ende des Kapitels aufgeführt.

Hedonik

Es gibt keine etablierten Duftstoffe für die Untersuchung der hedonischen Bewertung, in der Literatur variiert die Auswahl der Duftstoffe für diese Fragestellung.

Doty et al. [26] beschrieben, dass, mit Ausnahme der Duftstoffe, bei denen Probanden Schwierigkeiten mit der Identifikation hatten, die Duftstoffe, die mit Nahrungsmitteln oder Blumen assoziiert waren, als angenehm bewertet wurden. Duftstoffe, die mit bestimmten Gewürzen assoziiert waren (z.B. schwarzer Pfeffer) oder mit nicht essbaren Objekten (z.B. Motorenöl) wurden als unangenehm bewertet.

Ananas wurde wegen der Assoziation zu Nahrungsmitteln vermutlich auch in der hier vorliegenden Untersuchung als angenehmer Duft bewertet. Die erwachsene Altersgruppe fand ihn jedoch unangenehmer als die präpubertäre Altersgruppe, was durch die künstlich-süßliche Komponente des Duftes bedingt sein könnte. Signifikante Unterschiede zwischen den Altersgruppen konnten nicht festgestellt werden.

Je älter die Probanden wurden, desto hedonisch unangenehmer wurde **Diacetyl** bewertet. Die präpubertäre Altersgruppe bewertete Diacetyl als „gut“ und unterschied sich signifikant in der hedonischen Bewertung von der pubertären Altersgruppe, die Diacetyl als „neutral“ und von der erwachsenen Altersgruppe, die Diacetyl als „schlecht“ bewertete. Die geruchliche Qualität von Diacetyl, die eine Assoziation von Joghurt, Vanille oder Milchprodukten bis hin zu milchsauer-vergoren wachrufen kann, lässt bei diesem Ergebnis Spekulationen zu. Es könnte sein, dass im mitteleuropäischen Raum die präpubertäre Altersgruppe mehr Milchprodukte zu sich nimmt als die pubertäre oder erwachsene Altersgruppe und dass die präpubertäre Altersgruppe den Geruch möglicherweise aufgrund eines Gewöhnungseffektes angenehm findet. Es könnte auch sein, dass die präpubertäre Altersgruppe noch eine größere Toleranz für Gerüche hat. Eine weitere Vermutung ist, dass die angenehme hedonische Bewertung der präpubertären Altersgruppe der „biologischen Entwicklung“ entspricht, weil Kinder Milchprodukte in der Regel besser vertragen als Erwachsene. Interessant wäre es in diesem Zusammenhang, die hedonische Bewertung von Diacetyl bei präpubertären Kindern aus dem asiatischen Raum zu erfragen, bei denen eine schlechtere Verträglichkeit von Milchprodukten besteht. Schaal [97] vermutete, dass Düfte, die mit Lebensmitteln assoziiert sind, keine veränderte hedonische Bewertung in der Pubertät erfahren. Das würde nicht dem hier vorliegenden Ergebnis der hedonischen Bewertung von Diacetyl entsprechen.

Der Duftstoff (-)-Borneol („japanische Tinte“) steht für europäische Probanden in einem nicht sicher einzuordnenden Kontext. Die präpubertäre Altersgruppe, die den Duft neutral

bewertete, war toleranter als die pubertäre Altersgruppe, die den Duft schlecht fand, es bestand ein signifikanter Unterschied für die hedonische Bewertung zwischen diesen beiden Altersgruppen. Die erwachsene Altersgruppe bewertete den Duft auch negativ, aber nicht so eindeutig wie die pubertäre Altersgruppe, so dass kein signifikanter Unterschied zu der präpubertären Altersgruppe nachweisbar war. Dies könnte dafür sprechen, dass die präpubertären Probanden eine höhere Toleranz gegenüber unbekanntem oder nur leicht unangenehmen Düften haben. Aus der Untersuchung von Ayabe-Kanamura et al. [4] ist bekannt, dass Gerüche, die als „japan-spezifisch“ gelten wie getrockneter Fisch oder Sojasoße, auch schon in anderen Studien von deutschen Probanden als unangenehm bewertet wurden.

In der hier vorgestellten Untersuchung veränderte sich die hedonische Bewertung der weiblichen Probanden für die Duftstoffe Diacetyl und (-)-Borneol. Die weiblichen Probanden der pubertären und erwachsenen Altersgruppe bewerteten diese Duftstoffe als hedonisch unangenehm und unterschieden sich signifikant von den weiblichen präpubertären Probanden, die diese Duftstoffe als hedonisch neutral oder angenehm bewerteten.

Eine Schlussfolgerung zu spezifischen Veränderungen der hedonischen Bewertung im Laufe der Pubertät lässt sich aus den vorliegenden Ergebnissen nicht ziehen. Die anekdotischen Berichte von Eltern, dass Gerüche, die von Vorschul- oder Grundschulkindern toleriert worden sind, im Laufe der Pubertät als sehr unangenehm bewertet werden, konnte bei den hier untersuchten Duftstoffen nicht gefunden werden. Es gibt keinen eindeutigen Hinweis, dass sich durch die veränderte Hormonlage in der Pubertät die hedonische Bewertung von „alltäglichen“ Gerüchen ändert. Nachweisen konnte man bisher nur, dass Gerüche, die mit sozialen Interaktionen in Verbindung stehen, wie das Steroid Androstenon, einer veränderten hedonischen Bewertung in der Pubertät unterliegen (Wysocki und Beauchamp[113]). Grundsätzlich konnten Wysocki und Gilbert [115] in der groß angelegten Untersuchung des „National Geographic Smell Survey“ eine bemerkenswerte Konsistenz bei der Bewertung von Duftstoffen durch die verschiedenen Altersstufen feststellen. Von den angenehmeren zu den unangenehmeren Düften fanden sie folgende Anordnung: Rose, Eugenol, Isoamylacetat, Galaxolide, Androstenon, Mercaptan (eine übelriechende Substanz, die bei Abbau- und Fäulnisprozessen von organischem Material frei wird).

Der unbefüllte Duftstift „**Blank**“ wurde in dem Test angeboten, um Rückschlüsse auf das Bewertungsverhalten, vor allem der jüngsten Altersgruppe zu ziehen. Beispielsweise, ob sie dazu tendieren, immer bei der Darbietung eines „Sniffin' Sticks“ auch einen Duft wahrzu-

nehmen, weil sie der vermuteten Erwartungshaltung der Untersucherin entsprechen wollten. Es ist möglich, dass nicht konsequent zwischen quantitativer Bewertung („ich rieche nichts“) und qualitativer Bewertung („der Stift riecht nach nichts, bzw. riecht neutral“) unterschieden worden ist. In der präpubertären Altersgruppe haben 50% der Probanden (23 Probanden von insgesamt 46 Probanden) angegeben, einen Duft wahrzunehmen, in der pubertären Altersgruppe haben 39,5% (15 von 38 Probanden) und in der erwachsenen Altersgruppe haben 38,9% (7 von 18 Probanden) einen Duft wahrgenommen. Ein signifikanter Unterschied in der hedonischen Bewertung wurde zwischen den Altersgruppen nicht gefunden. Dorries et al. [23] beschrieben in einer Untersuchung zu dem neutralen Duftstoff „Blank“, dass 65,5% der unter 9-jährigen Probanden im Gegensatz zu 13,8% der erwachsenen Probanden angaben, dass der „Blank“ nach etwas riecht. Nach der hedonischen Bewertung befragt, zeigten Dorries et al. [23], dass Kinder eine positive hedonische Bewertung für einen neutralen Duftstoff abgaben: 55,2% der unter 9-jährigen bewerteten ihn als angenehm, wohingegen nur 6,9% der erwachsenen Probanden den Blank positiv bewerteten.

Der unterschiedliche **kulturelle Hintergrund** ist ein Aspekt, der Einfluss auf die hedonische Bewertung von Düften hat.

Zu dieser Fragestellung wählten Schaal et al. [98] einen interkulturellen Ansatz, um die hedonische Bewertung von vierzehn Gerüchen, die entweder nahrungsmittel- oder körperasoziiert waren, zu untersuchen. Probanden im Alter von 6-12 Jahren, die aus dem französischsprachigen Teil Canadas, Sudan, Indonesien und Syrien stammten, wurden nach der hedonischen Bewertung von diesen Gerüchen befragt. Alle Probanden bewerteten Gerüche, die mit unangenehmen Körpergerüchen assoziiert waren, negativ. Bei den als angenehm bewerteten Gerüchen war die interkulturelle Übereinstimmung geringer. Daraus wurde gefolgert, dass die Bewertungen für die unangenehmen Körpergerüche bei Probanden aus den verschiedenen Kulturkreisen angeboren waren. Die Autoren gingen davon aus, dass die unterschiedlichen hedonischen Antworten bezüglich nahrungsmittelassoziierter Gerüche durch kulturelle Einflüsse bedingt sind. Auch Schmidt und Beauchamp [100] vermuteten, dass die unangenehme Bewertung von manchen Düften angeboren ist und diese Düfte nicht zwangsläufig eine trigeminale Komponente haben müssen.

In der hier vorliegenden Untersuchung nahmen insgesamt 21 Probanden mit Migrationshintergrund teil, es konnten keine „Ausreißer“ in der hedonischen Bewertung bei diesen Probanden festgestellt werden (1 Proband aus der Dominikanischen Republik, 4 kroatische, 5

englische, 1 holländischer, 1 südafrikanischer, 3 russische, 1 rumänischer, 1 tunesischer, 1 polnischer, 2 türkischer, 1 vietnamesischer Proband).

Intensität

In der hier vorliegenden Untersuchung wurde nur für (–)-Borneol eine signifikante unterschiedliche Intensitätsbewertung für die drei Altersgruppen ermittelt: die pubertäre Altersgruppe empfand die Intensität von (–)-Borneol stärker als die erwachsene Altersgruppe. Zwischen den Geschlechtern wurden keine signifikanten Unterschiede in der Intensitätsbewertung festgestellt.

In der Literatur sind nur wenige Untersuchungen zu der Intensitätsbewertung von Duftstoffen bekannt. Engen [38] fand keine Unterschiede für die Intensitätswahrnehmung zwischen Kindern und Erwachsenen. Bei Saito et al. [94] zeigten 7- bis 9-jährige Kinder eine größere Breite der Intensitätsbewertungen als Erwachsene. Doty et al. [26] untersuchten jeweils 26 männliche und 26 weibliche erwachsene Probanden (Durchschnittsalter bei 24,9 Jahre) mit dem „University of Pennsylvania Smell Identification Test“ bezüglich der Intensitätsbewertung mit dem Ergebnis, dass Frauen Düfte intensiver bewerten als Männer. Dass die Intensitätsbewertung für überschwellig angebotene Duftstoffe von Frauen tendenziell höher ausfällt, wurde in weiteren Untersuchungen von Doty [30] bestätigt, es zeichnete sich insbesondere eine höhere Intensitätsbewertung der Frauen für Körpergerüche (Achselgeruch, Vaginalsekret) ab. Distel et al. [22] untersuchten weibliche Probanden aus Japan, Mexiko und Deutschland bezüglich Hedonik und Intensität von achtzehn „alltäglichen“ Gerüchen, von denen sechs als japan-spezifisch (beispielsweise Sojasosse, getrockneter Fisch), 6 als europäisch (beispielsweise Anis, Salami) und sechs als international (beispielsweise Schokolade, Erdnüsse) galten. Es wurde eine große Variabilität der Intensitätsbewertung bei der gleichen Konzentration eines Duftes gefunden, die vermutlich durch den persönlichen Erfahrungshintergrund oder durch eine unterschiedliche genetische Ausstattung mit Riechrezeptoren erklärt werden könnte.

Sonderfall Galaxolide

Der Duftstoff Galaxolide kann, genau wie Androstenon, von einigen Individuen nicht wahrgenommen werden. Arctander [3] und Koelaga [62] beschrieben, dass ca. 10% der Bevölkerung Galaxolide nicht wahrnehmen konnten. Bei Baydar et al. [6] wurde Galaxolide von 8,9% einer erwachsenen Probandengruppe nicht wahrgenommen.

In der hier vorgestellten Untersuchung konnten insgesamt 13,5% der Probanden Galaxolide nicht wahrnehmen. Zwischen den verschiedenen Altersgruppen wurde keine unterschiedliche hedonische Bewertung für Galaxolide gefunden.

In der Literatur ist beschrieben, dass diejenigen, die Galaxolide wahrnehmen konnten, es meist als angenehm bewerteten (Wysocki und Gilbert [115], Baydar et al. [6]). Wysocki und Gilbert [115] stellten eine zunehmende positive hedonische Bewertung von der zweiten in die dritte Lebensdekade für Galaxolide fest.

Nur zwischen den Geschlechtern wurde in der hier vorgestellten Untersuchung in der präpubertären Altersgruppe ein signifikanter Unterschied für die hedonische Bewertung von Galaxolide gezeigt: die weiblichen präpubertären Probanden fanden diesen Duftstoff angenehmer als die männlichen präpubertären Probanden. In einer Untersuchung von Koelaga [62] an 207 Studenten wurde keine unterschiedliche hedonische Bewertung zwischen den Geschlechtern in einer erwachsenen Altersgruppe festgestellt.

Nach der Intensität befragt, bewertete in der hier vorgestellten Untersuchung die präpubertäre Altersgruppe Galaxolide eine Intensitätsstufe schwächer als die pubertäre Altersgruppe und diese beiden Altersgruppen unterschieden sich damit signifikant. Die aus der Literatur bekannten Ergebnisse bezüglich der Intensitätsbewertung sind gegensätzlich. Stevenson und Repacholi [107] kamen zu dem Ergebnis, dass Galaxolide von Kindern als intensiver riechend bewertet wurde im Vergleich zu Jugendlichen. Le Magnen [76] und Laing und Clark [69] schlussfolgerten, dass die Sensitivität von Männern für Exaltolide durch ein erhöhtes Level von Testosteron vermindert ist. Wysocki und Gilbert [115] fanden keine altersspezifischen Veränderungen für die Intensitätsbewertung von Galaxolide.

Sonderfall Androstenon

- Zur generellen Wahrnehmungsfähigkeit von Androstenon

In verschiedenen Untersuchungen wurde gezeigt, dass die Fähigkeit, Androstenon wahrzunehmen, sich im Laufe des Lebens verändert.

In der hier vorgestellten Untersuchung nahmen 21,8% der präpubertären Probanden, 36,8% der pubertären und 11,1% der erwachsenen Probanden das Steroid nicht wahr. In der Untersuchung von Baydar et al. [6] konnten 21,5% der erwachsenen Probanden Androstenon nicht wahrnehmen, etwa doppelt so viele wie in der hier vorgestellten Studie. In der Untersuchung von Koelaga [62] waren, wie in der vorgestellten Studie, 10% der erwachsenen Probanden anosmisch für Androstenon.

Wysocki et al.[113], [114] zeigten, dass einige Probanden, denen Androstenon wiederholt angeboten wurde, lernten das Steroid wahrzunehmen. Der Effekt, die Wahrnehmung eines Duftes durch wiederholte Exposition herbeizuführen, konnte bei ca. 50% der Erwachsenen erreicht werden. Verschiedene Autoren (Wysocki und Beauchamp[113], Dorries et al. [23]) vermuteten, dass durch die Exposition mit dem Steroid die Expression von Geruchsrezeptoren induziert und damit die Wahrnehmung von Androstenon möglich wurde. Dass es eine genetische Grundlage für die Wahrnehmung von Androstenon gibt, zeigten Wysocki und Beauchamp[113] auch durch die Untersuchung von monozygoten und dizygoten Zwillingen. Die neueren Untersuchungen von Bremner et al. [10] postulierten, dass die in vorherigen Untersuchungen als Anosmiker bezeichneten Probanden nur eine schlechtere Wahrnehmungsfähigkeit für dieses Steroid hatten. Durch eine wiederholte Exposition wurde die Wahrnehmung für Androstenon geschult und vermeintliche Anosmiker konnten das Steroid anschließend wahrnehmen. Ein absoluter Anosmiker würde auch durch die vermehrte Exposition keine Wahrnehmung erzielen, der Prozentsatz der absoluten Anosmiker lag bei Bremner et al. [10] zwischen 1,8% und 6,0%.

Die Substanz Androstenon ist beim Schwein ein nachgewiesenes Pheromon. Beim Menschen ist noch nicht abschließend geklärt, ob es als Pheromon wirkt. Pheromone sind „Substanzen, die von einem Individuum nach außen abgegeben werden und bei einem anderen Individuum der gleichen Art spezifische Reaktionen auslösen“ (Karlson und Lüscher [54]).

Filsinger et al. [40], Kohl et al. [66] und Kirk-Smith et al. [56] konnten zeigen, dass Androstenon das menschliche Verhalten, die Wahrnehmung und die zwischengeschlechtliche Interaktion beeinflussten. Kohl et al. [66] gingen davon aus, dass Pheromone durch eine

dem Menschen unbewusste Beeinflussung der Hypothalamus-Hypophyse-Gonaden-Achse Einfluss auf die Hormonlage nahmen und mit diesem Einfluss auch das menschliche Verhalten modulierten. Shinohara et al. [105] zeigten, dass Androstenon die pulsatile Sekretion eines Gonadotropins, des luteinisierenden Hormons senkt. Einschränkend bei dieser Studie war die geringe Fallzahl von nur 11 Probanden.

- **Unterschiedliche Wahrnehmung von Androstenon für die verschiedenen Altersgruppen**

In der vorgestellten Studie bewerteten die Probanden der präpubertären Altersgruppe die Intensität von Androstenon deutlich höher als die beiden anderen Altersgruppen. In den meisten Untersuchungen anderer Autoren wurde die Wahrnehmungsschwelle anstatt die Intensitätsbewertung von Androstenon getestet. In diesen Studien wurde nachgewiesen, dass Vorschulkinder (Schmidt und Beauchamp [100]) und präpubertäre Schulkinder (Dorries et al. [23]) sensitiver für Androstenon sind als ältere Schulkinder oder Erwachsene. Es könnte sein, dass die stärkere Sensitivität sich auch durch eine erhöhte Intensitätsbewertung in der präpubertären Altersgruppe wie in den hier vorgestellten Daten abzeichnet.

- **Unterschiedliche Wahrnehmungsfähigkeit von Androstenon zwischen den Geschlechtern**

In der hier vorgestellten Untersuchung konnten in der präpubertären Altersgruppe 85% (17 von 20) der männlichen und 78,6% (22 von 28) der weiblichen Probanden Androstenon wahrnehmen. In der pubertären Altersgruppe nahm die Wahrnehmungsfähigkeit deutlicher in der weiblichen Probandengruppe ab. 50,0% (10 von 20) der weiblichen Probanden, aber noch 77,8% (14 von 18) der männlichen Probanden konnten Androstenon wahrnehmen und sie unterschieden sich damit signifikant von den weiblichen Probanden. In der erwachsenen Altersgruppe konnten jeweils 88,9% (8 von 9) der männlichen und der weiblichen Probanden Androstenon wahrnehmen.

Dorries et al. [23] untersuchten 247 Probanden im Alter von 6 bis 50 Jahren in Hinsicht auf die Sensitivität für Androstenon. In dieser Untersuchung war die Rate der Anosmiker bei den männlichen Probanden zwischen dem 9. bis 14. Lebensjahr und dem 15. bis 20. Lebensjahr signifikant zunehmend. Die männlichen Probanden, die die Fähigkeit Androstenon wahrzunehmen im Laufe ihres Lebens beibehielten, wiesen eine signifikante Zunahme der Geruchsschwelle mit fortschreitendem Alter auf. Wysocki und Gilbert [115] bestätigten, dass der

Anteil der männlichen Probanden, die Androstenon nicht wahrnehmen können, bei den 15- bis 20-jährigen männlichen Probanden um das Dreifache höher war als bei 9- bis 14-jährigen männlichen Probanden.

In einer früheren Untersuchung von Griffiths und Patterson [44], die jeweils 15 männliche und 15 weibliche erwachsene Probanden untersuchten, konnten nur 7,6 % der weiblichen Probanden, hingegen 44,3% der männlichen Probanden Androstenon nicht wahrnehmen. In der Untersuchung von Baydar et al. [6] waren in einer erwachsenen Probandengruppe 26,8% der männlichen und 15,8% der weiblichen Probanden anosmisch für Androstenon.

Laut Dorries et al. [23] war der Anteil der weiblichen Probanden, bei denen eine spezifische Anosmie für Androstenon vorlag, geringer als bei den männlichen Probanden. Die mittlere Wahrnehmungsschwelle veränderte sich nicht für die weiblichen Probanden von der jüngsten bis zur ältesten Probandengruppe. Dorries et al. [23] zeigten, dass nachdem für die weibliche Probandengruppe die Anosmiker für Androstenon ausgeschlossen wurden, ein Trend von den 9-14-jährigen bis zu den über 20-jährigen weiblichen Probanden bestand, Androstenon in niedrigeren Konzentrationen wahrnehmen zu können. Die größte Veränderung zur Wahrnehmung von Androstenon wiesen Dorries et al. [23] bei männlichen Probanden nach: es zeigte sich ein signifikanter Anstieg der für Androstenon anosmischen männlichen Probanden zwischen den 9-14-jährigen und den 15-20-jährigen.

Die zitierte Literatur ist teilweise gegensätzlich mit den Daten in der hier vorgestellten Untersuchung. Ursächlich könnte die Probandenanzahl in der erwachsenen Altersgruppe sein, mit jeweils neun weiblichen und männlichen Probanden können keine validen Aussagen zu der Bewertung von Androstenon getroffen werden.

Dorries et al. [23] und Hummel et al. [49] stellten folgende Hypothesen auf, um die spezifische Anosmie für Androstenon zu erklären. Die verminderte Sensitivität für Androstenon der männlichen Jugendlichen soll durch das erhöhte Level an endogenem Androstadienon in dieser Altersgruppe bedingt sein. Androstadienon ist ein Bestandteil des Axillarsekretes und wird aus Androstadienol durch coryneforme Bakterien gebildet und kann anschließend zu Androstenon umgewandelt werden (Rennie et al. [89]). Weil männliche Probanden einen höheren Anteil von Androstenon im Axillarsekret als weibliche Probanden vorweisen, nehmen die männlichen Probanden nach der Pubertät Androstenon im Sinne einer „Desensibilisierung“ nicht mehr wahr. Unter anderem wiesen Brooksbank et al. [13] nach, dass die Konzentration von Androstenon, die in Körpersekreten von Menschen gefunden wurde, bei männlichen Erwachsenen wesentlich höher als bei weiblichen Erwachsenen war.

- **Hedonische Bewertung von Androstenon**

In der hier durchgeführten Untersuchung wurden keine signifikanten Unterschiede für die hedonische Bewertung zwischen den drei Altersgruppen gefunden. Die Tendenz bestand, dass Androstenon von allen Probanden negativ bewertet wurde. Die männlichen präpubertären Probanden bewerteten Androstenon etwas negativer als die weiblichen Probanden der gleichen Altersgruppe. In der pubertären Altersgruppe war dieser Trend zwischen den Geschlechtern umgekehrt: die weiblichen pubertären Probanden fanden Androstenon etwas unangenehmer als die männlichen pubertären Probanden. In der erwachsenen Altersgruppe fanden beide Altersgruppen Androstenon gleich unangenehm.

In der Literatur wurden signifikante Unterschiede für die hedonische Bewertung von Androstenon zwischen verschiedenen Altersgruppen aufgeführt.

Mennella et al. [79] beschrieben eine große Variationsbreite bezüglich der hedonischen Qualität von Androstenon: von urinartig, schweißähnlich, moschusartig bis dem Geruch von Sandelholz ähnlich. Die Sensitivität für Androstenon nahm entscheidenden Einfluss auf die hedonische Bewertung. Probanden, die Androstenon in niedrigen Konzentrationen wahrnehmen konnten, bewerteten es als unangenehmer im Vergleich zu Probanden, die Androstenon erst in höheren Konzentrationen wahrnehmen konnten (Griffiths und Patterson [44], Dorries et al. [23]). Die Probanden, die Androstenon erst in höheren Konzentrationen wahrnahmen, bewerteten es eher als neutral oder angenehm (Griffiths und Patterson [44], Dorries et al. [23]).

In Untersuchung von Schmidt und Beauchamp [100] fanden 92% der 3-jährigen Kinder (N=16) Androstenon unangenehm, wohingegen 59% der erwachsenen Probanden (N=17) Androstenon unangenehm bewerteten, es wurde vor der hedonischen Bewertung kein Test durchgeführt, um die anosmischen Probanden für Androstenon auszuschließen.

In der schon im vorherigen Abschnitt zitierten Studie von Dorries et al. [23] (N= 247 Probanden, 6 bis 50 Jahre) zeigte die Analyse der hedonischen Bewertung für Androstenon, dass das Alter der Probanden ein guter Prädiktor für die hedonische Bewertung war: kein Kind in der präpubertären Altersgruppe gab für Androstenon eine hedonisch positive Bewertung ab und ca. 30% der erwachsenen Probanden bewerteten Androstenon als unangenehm. Dorries et al. [23] vermuteten, dass fast alle Kinder die Fähigkeit hatten, Androstenon wahrzunehmen und ca. 50% der Erwachsenen Androstenon nicht wahrnehmen konnten.

In der Untersuchung von Koelaga [62] wurden 207 Studenten zu der hedonischen Bewertung von Androstenon befragt. Sowohl die männlichen als auch die weiblichen Probanden bewerteten es als hedonisch unangenehm, wobei die weiblichen Probanden es jedoch signifikant negativer bewerteten als die männlichen Probanden. In dieser Untersuchung wurden zuvor die für Androstenon anosmischen Probanden ausgeschlossen.

Auch Stevenson und Repacholi [107] zeigten, dass weibliche Jugendliche den Geruch von Schweiß, der in der geruchlichen Qualität eine Nähe zu Androstenon aufwies, wesentlich unangenehmer bewerteten als männliche Jugendliche oder weibliche Kinder. Die männlichen und weiblichen Probanden der jüngsten Altersgruppe (Durchschnittsalter 8,69 Jahre) unterschieden sich nicht in der hedonischen Bewertung von Schweiß.

Hummel et al. [47] zeigten, dass die hedonische Bewertung von Androstenon sich während des weiblichen Zyklus veränderte, am unangenehmsten wird das Steroid am Anfang und am Ende des Zyklus wahrgenommen. Während der Ovulation wurde Androstenon als weniger unangenehm bewertet, die olfaktorische Sensitivität für Androstenon änderte sich im Laufe des Zyklus nicht. Auch Grammer [43] befragte 290 Frauen, die Androstenon während des gesamten Zyklus unangenehm bewerteten außer zum Ovulationszeitpunkt, an dem Androstenon als hedonisch neutral beschrieben wurde.

Als methodische Schwäche muss zu der hier vorgestellten Untersuchung festgestellt werden, dass bei den weiblichen Probanden nicht der Zyklus erfragt wurde.

- **Intensitätsbewertung von Androstenon**

In der hier vorliegenden Untersuchung nahm die präpubertäre Altersgruppe Androstenon am intensivsten wahr und unterschied sich signifikant von der pubertären und erwachsenen Altersgruppe, die Androstenon weniger intensiv bewerteten. Dieses Ergebnis blieb bestehen, wenn man nur die männlichen Probanden der drei Altersgruppen untersuchte, für die weiblichen Probanden ließ sich dieser Unterschied nicht nachweisen.

Das Ergebnis stimmt mit den Untersuchungen von Mennella et al. [79] überein. Sie zeigten, dass in der Adoleszenz nicht nur der Anteil der Probanden, die Androstenon wahrnehmen konnten, abnimmt, sondern auch die Intensitätsbewertung in diesem Zeitraum abfällt, mit dem steilsten Abfall bei den männlichen Probanden zwischen dem 10. und 20. Lebensjahr.

Ein altersspezifisches Bewertungsmuster von Androstenon wurde von mehreren Autoren (Stevenson und Repacholi [107], Dorries et al. [23], Schmidt und Beauchamp [100]) bestätigt:

Androstenon wurde von Kindern als intensiver riechend bewertet im Vergleich zu Jugendlichen.

Koelaga und Köster [61] zeigten, dass weibliche erwachsene Probanden Androstenon intensiver wahrnehmen als männliche erwachsene Probanden. In der hier vorgestellten Untersuchung wurde kein Unterschied zwischen den männlichen und weiblichen Probanden in der erwachsenen Altersgruppe gezeigt.

Die Vermutung, dass die Intensitätswahrnehmung durch hormonelle Veränderungen beeinflusst wird, konnte auch durch die von Laska et al. [73] durchgeführte Longitudinalstudie zur Geruchswahrnehmung in der Schwangerschaft gestützt werden: Schwangere im ersten und dritten Trimenon bewerteten Androstenon intensiver als im zweiten Trimenon oder nichtschwangere Probandinnen.

Knaapila et al. [57] zeigten, dass die Intensitätswahrnehmung von Androstenon eine genetische Grundlage hat. Die Unterschiede zwischen verschiedenen Probanden kann durch den Einfluss des OR7D4 Genotyps begründet sein: Allele dieses Gens sollen ca. 1/3 der Varianz der Intensitätsbewertung von Androstenon begründen (Keller et al. [55]). Diese durch die Genetik begründete unterschiedliche Intensitätswahrnehmung wurde nur für Androstenon und Galaxolide und nicht für die anderen untersuchten Düfte (unter anderem Isoamylacetat, Eugenol, Rose) nachgewiesen.

Ergebnisdiskussion Präferenz

In der hier vorgestellten Untersuchung lag folgende Präferenz Rangreihe der Duftstoffe vor: 1. Marzipan, 2. Jasmin, 3. Anis, 4. Kaffee, 5. Pilz. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen zeigte sich nur für den Duftstoff Anis. Je jünger die Probanden waren, desto seltener wurde Anis präferiert.

Menella et al [79] zeigten, dass Kinder und Erwachsene ein übereinstimmendes Muster der Präferenzbewertungen für verschiedene Duftstoffe aufwiesen. In der Untersuchung von Menella et al. [79] wurde Eugenol (Nelke), das in der geruchlichen Qualität eine Nähe zu Anis aufweist, von Kindern ebenfalls hedonisch schlechter bewertet als von Erwachsenen.

Moncrieffs [80] Untersuchung zur Präferenzbewertung von 132 Duftstoffen zeigte, dass Kinder fruchtige Düfte mehr und blumige Düfte weniger oft bevorzugten als erwachsene Probanden: „Erdbeere“ wurde von unter 20-jährigen angenehmer bewertet als von über 20-

jährigen, Düfte wie „Lavendel“ oder „Orangenblütenöl“ wurde von über 20-jährigen Probanden präferiert. Diese Beobachtung kann durch die hier vorliegenden Ergebnisse nachvollzogen werden, bei denen Anis mit dem würzigen, für Kinder nicht alltäglichen Geruch (wie bonbon- oder fruchtähnlichen Düften) weniger häufig präferiert wurde als Marzipan mit einer süßlichen Komponente.

Kaffee erfährt in den hier vorgestellten Ergebnissen keine unterschiedliche Präferenzbewertung im Laufe des Heranwachsens im Gegensatz zu der Untersuchung von Laing und Clark [69]. Diese Autoren zeigten für die Präferenzbewertung von Kaffee durch 8- bis 9-jährige, 14-jährige und 16-jährige Jungen (N=302) eine Veränderung von hedonisch unangenehm in der jüngsten Probandengruppe zu angenehm in der ältesten Probandengruppe. Neben dem Duft Kaffee wurde eine signifikant veränderte Präferenzbewertung für den Duft Fleisch, Hühnchen und Erdnussbutter von Laing und Clark [69] festgestellt. Für die anderen Gerüche (unter anderem Fisch, Schokolade, Zwiebel) wurde von diesen Autoren keine veränderte Präferenzbewertung im Laufe der Pubertät berichtet.

Liem und Mennella [77] gingen davon aus, dass die Präferenzbewertung für Gerüche abhängig war von den Erfahrungen mit Nahrungsmitteln und verschiedenen Geschmacksrichtungen, die jedes Individuum mit zunehmendem Alter machte. Fujiwara und Saito [41] beschrieben, dass die Erfahrungen mit einem Duft die Präferenz für diesen fördert. Sie zeigten, dass 2-jährige Kinder, denen über einen Monat mehrmals täglich 2-Phenylethanol angeboten wurde, sich nach einem Monat lieber in mit 2-Phenylethanol bedufteten Räumen aufhielten als Kinder, denen weniger oft 2-Phenylethanol angeboten wurde. Ob diese Präferenz bis ins Schulalter fortbestand, blieb ungeklärt.

Schmidt und Beauchamp [103] gingen davon aus, dass lebenslang bestehende Aversionen gegen und Präferenzen für Gerüche in der Säuglingsphase und Kindheit geformt wurden, genau wie starke emotionale Assoziationen zu einem Geruch. Auch Schaal [97] war der Meinung, dass Präferenzmuster schon im ersten Lebensjahr gelegt wurden und je älter Kinder wurden, desto eindeutiger formulieren sie die Aversion gegenüber einem Geruch

Ob grundsätzlich bei der Präferenzbewertung von Düften neben der individuellen Erfahrung auch entwicklungsbedingte Veränderungen im Rahmen der Pubertät ausschlaggebend sein könnten, bleibt unklar. Bisher ist nur bekannt, dass körperassoziierte Düfte oder das beim Schwein als Pheromon wirkende Steroid Androstenon einem Wandel in der Sensitivität und in der hedonischen Bewertung im Laufe des Heranwachsens unterliegen. Zu überdenken wäre in der vorliegenden Arbeit, die Präferenz der drei Altersgruppen für Androstenon, Mo-

schus- oder körpergeruchassoziierte Düften in einer weiterführenden Untersuchung zu erfragen.

Die klinische Relevanz der Präferenztestung beim Menschen ist beschränkt. Die Präferenz und die Hedoniktestung geben Aussagen über die subjektive Wahrnehmung, wohingegen Schwellenwertbestimmung, Diskrimination oder Identifikation durch Falsch- oder Richtigantwort definiert sind. Es wurde in der hier vorgestellten Untersuchung eine Hedonik- und Präferenztestung durchgeführt, weil es anekdotische Berichte von Eltern gibt, dass Pubertierende manche Gerüche (beispielsweise Kaffee) unangenehmer finden als im Kindesalter. Solche in der Pubertät vorliegenden eindeutigen Aversionen oder Präferenzen konnten in der vorliegenden Arbeit nicht gezeigt werden.

Ergebnisdiskussion Diskrimination

In der hier vorgestellten Untersuchung konnten bis auf die Unterscheidung zwischen (-)-Carvon versus (+)-Carvon mehr als 75% der erwachsenen Probanden alle Diskriminationsaufgaben lösen. Bei der präpubertären und pubertären Altersgruppe lag die Trefferrate für die Diskriminationsaufgabe (-)-Carvon versus (+)-Carvon unterhalb der Zufallswahrscheinlichkeit, aufgrund des leicht zu verwechselnden Charakters der beiden Düfte stellte dies eine schwer zu lösende Aufgabe dar. In der Regel konnte die pubertäre Altersgruppe die Diskriminationsaufgabe schlechter als die erwachsene Altersgruppe lösen. Die Ausnahme ist die Diskrimination von Anethol versus Eugenol, die die pubertäre Altersgruppe besser, jedoch nicht signifikant besser, als die erwachsene Altersgruppe löste.

Hummel et al. [48] beschrieben, dass 75% der gesunden erwachsenen Probanden Diskriminationsaufgaben korrekt lösen konnten, dies trifft bis auf die Diskrimination von (-)-Carvon versus (+)-Carvon auf die hier untersuchten Duftpaare zu. Kobal et al. [60] konnten keine signifikanten Unterschiede für die Diskriminationsfähigkeit zwischen einer Altersgruppe von 6 bis 15 Jahren und einer Altersgruppe von 16 bis 35 Jahren finden. Eine bessere Diskriminationsleistung zeigte sich für die nächstältere Altersgruppe zwischen den 16- bis 35-jährigen und den 36- bis 55-jährigen Probanden, Geschlechtsunterschiede wurden für die Diskriminationsleistung nicht gefunden.

Richman et al. [91] entwickelten eine Untersuchung mit dem MODT Score („Match-to-sample odorant discrimination task“). Die Autoren bevorzugten diesen Diskriminationstest,

weil sich die Riechleistung unabhängig vom Bekanntheitsgrad des Duftes und dem Wortschatz des Probanden bestimmen ließ. Diese zuletzt genannten beiden Faktoren bestimmen beispielsweise einen geruchlichen Identifikationstest. Es wurden 75 Probanden zwischen 2 bis 18 Jahren untersucht. Als nachteilig ist das zeitlich aufwendige Testverfahren mit Vortest, einem visuellen und einem olfaktorischen Aufgabenteil zu erwähnen. Mit dem Vortest sollten die Probanden mit der eigentlichen Diskriminationsaufgabe vertraut gemacht werden, anschließend wurde die Probenapplikation in Form von Riechkarten durchgeführt. Insgesamt erscheint dieses Vorgehen als zu zeitaufwendig für einen kindgerechten Geruchstest.

Ich vermute, dass die Diskriminationsaufgabe an die jüngeren Probanden eine höhere Konzentrationsanforderung als die Schwellenwertbestimmung oder Identifikation stellte. Die Probanden mussten an drei Duftstiften riechen und sich das zeitliche Auftreten merken, an welcher Stelle der nur einmal vorkommende Geruch angeboten worden ist. Dieser Untertest könnte vor allem für die jüngste Altersgruppe eine größere Konzentrationsaufgabe darstellen als das wirkliche Erfassen der Geruchsdiskrimination zu gewährleisten.

Der Nachweis der Diskriminationsfähigkeit für Gerüche kann in der Neugeborenenperiode erbracht werden und es besteht die Annahme, dass Neugeborene eine angeborene Fähigkeit zur geruchlichen Diskrimination, zumindest für biologisch wichtige Duftstoffe besitzen. Schaal [97] wies nach, dass schon Neugeborene Körpergerüche unterscheiden konnten. Er zeigte, dass Säuglinge zwischen dem Geruch ihrer Mutter und dem Geruch einer anderen stillenden Mutter unterscheiden konnten (Schaal et al. [95]). Schaal [96] beschrieb auch, dass Neugeborene eine verminderte allgemeine motorische Aktivität aufwiesen, wenn sie dem Geruch, der von der Brust ihrer Mutter ausging, ausgesetzt waren.

Ergebnisdiskussion Identifikation

Die vorliegende Untersuchung zeigte, dass die Identifikationsrate für die angebotenen Duftstoffe mit zunehmendem Alter anstieg. Der Trend, dass vom Kindesalter bis ins junge Erwachsenenalter die Anzahl der richtig gelösten Identifikationsaufgaben ansteigt, deckt sich mit der Literatur.

In der frühen Untersuchung von Toulouse und Vaschide [116] wurde die Identifikationsleistung von drei Altersgruppen (3- bis 5-jährige, 6-jährige und 12-jährige) für zehn Duftstoffe untersucht. Für die Identifikationsaufgabe, die ohne Hilfsmittel wie beispielsweise Bilder

erfragt wurde, verbesserte sich die Rate der Richtigantworten kontinuierlich mit zunehmendem Alter.

In den folgenden zwei Untersuchungen wurde die Identifikationsaufgabe zunächst nicht durch eine vorgegebene Hilfe wie eine bildliche Darstellung unterstützt: in dem „Swedish Smell Identification Test for Children“ (SSIT-C) von Hallberg et al. [45] wurden Kinder im Alter von 5 bis 14 Jahren untersucht. Es wurde auch in dieser Untersuchung eine schrittweise Erhöhung der Richtigantworten mit zunehmendem Alter für die Identifikation von sechzehn allgemein bekannten Gerüchen gezeigt. Wenn den Probanden die freie Identifikation zunächst nicht gelang, wurden in einer multiple-Choice Auswahl Bilder präsentiert. Eine weitere, zunächst als freie Identifikation konzipierte Untersuchung wurde von Jehl et al. [52] durchgeführt: es wurden 130 Probanden, in 6 Altersgruppen getestet (5-6, 7-8, 9-10, 11-12, 13-14, 15-16 Jahre). Zunächst sollte die Identifikationsaufgabe gelöst werden, indem der Geruch aus dem Gedächtnis benannt werden sollte. Wenn dies nicht gelang, konnten die Probanden auf eine Auswahl an Bildern zeigen, wovon eines den Duft abbildete. Die richtige Identifikation des Duftstoffes verbesserte sich auch hier mit zunehmendem Alter.

Bei den folgenden Untersuchungen handelte es sich um gestützte Identifikationsaufgaben.

Richman et al. [90] zeigten, dass richtige Identifikationen für bekannte Gerüche, die auf Fotos abgebildet waren, schon von Vorschulkindern erbracht wurde: 3,5- bis 4-jährige Probanden identifizierten 68% der Duftstoffe (Bonbon („Candy Cane“), Fisch, Babypuder, Kaugummi und Orange) korrekt, Probanden ab 5 Jahren identifizierten 93% der angebotenen Duftstoffe. Mit diesem Test konnten Richman et al. [90] auch eindeutig Patienten mit einer angeborenen Hypo- bis Anosmie identifizieren, beispielsweise Patienten mit Kallmann Syndrom. Richman et al. [92] untersuchten auch 825 Probanden im Alter von 4-17 Jahren in Hinsicht auf ihr Identifikationsvermögen für fünf im Kindesalter bekannte Gerüche (Babypuder, Kaugummi, Bonbon („Candy Cane“), Lakritz, Pfirsich), die anhand von Fotos erkannt werden sollten. Auch hier verbesserten sich mit zunehmendem Alter die Richtigantworten: Kinder unter 8 Jahren lösten 88% der Identifikationsaufgaben richtig. Ab 8 Jahren wurden 95% Richtigantworten erreicht. Die Autoren betonten, dass die sprachlichen Fähigkeiten, Wortschatz, Erfahrung mit einem Geruch, Motivation und Aufmerksamkeitsspanne wesentliche Einflussgrößen für die Identifikationsaufgabe waren.

In einer Untersuchung von Hummel et al. [50], die neben der psychophysischen Testung anhand der „Sniffin' Sticks“ auch eine elektrophysiologische Untersuchung umfasste, wurde bestätigt, dass ab einem Alter von 6 Jahren die Geruchsleistung grundsätzlich gut entwickelt

ist. Eine signifikante Zunahme der Richtigantworten wurde für die Geruchsidentifikation, nicht aber für die Schwellenwahrnehmung oder die Geruchsdiskrimination gezeigt.

Doty et al. [27] zeigten, dass die mittlere Identifikationsrate vom 5. bis zum 21. Lebensjahr kontinuierlich anstieg und dass die beste Identifikationsfähigkeit zwischen der 3. und 5. Lebensdekade erreicht wurde. Die gestützte Identifikation erfolgte mithilfe von Wortkarten, die vor den Probanden als Auswahl ausgebreitet wurden.

In der hier vorliegenden Untersuchung wurden die **Duftstoffe** Apfel und Schuhleder signifikant schlechter erkannt als Zitrone, Zimt, Banane, Fisch, Kaffee, Lakritz und Rose.

Doty et al. [26] zeigten, dass die meisten von 50 verschiedenen angebotenen Duftstoffen richtig identifiziert werden konnten. Unter den wenigen, die seltener korrekt identifiziert wurden, waren neben Apfel und Schuhleder auch Honig, Tomate, Pfirsich und Whiskey aufgeführt. In der Untersuchung von Doty et al. [26] identifizierten von insgesamt 1189 Probanden 75% den Duftstoff Apfel korrekt. In der hier vorliegenden Untersuchung wurde der Duftstoff Apfel von 31% der präpubertären Altersgruppe (Trefferrate im Bereich der Zufallswahrscheinlichkeit), 64% der pubertären Altersgruppe und 88% der erwachsenen Altersgruppe richtig erkannt. Der Duftstoff Schuhleder wurde von der präpubertären Altersgruppe (mit 41% Richtigantworten) signifikant schlechter als die pubertäre Altersgruppe (mit 78% Richtigantworten) identifiziert.

In der hier vorgestellten Untersuchung kann es sein, dass die Duftkomposition „Apfel“ den realen Duft schlecht trifft und nicht authentisch riecht. Ein weiteres Problem könnte sein, dass der „Apfelduft“ im Vergleich zu Orange, Melone oder Pfirsich, die bei dem etablierten „Sniffin' Sticks“ Testset als Alternativen zur Auswahl stehen, eine zu große Ähnlichkeit aufweist.

Jehl et al. [52] führten die verbesserte Identifikation mit zunehmendem Alter nicht auf eine Steigerung der sensorischen Leistung zurück. Sie erklärten dies durch einen besseren Umgang mit der Sprache und dass der kognitive Prozess zwischen Duft und dessen Benennung durch das Erlernen von Wortfeldern erleichtert wurde. Auch Schaal [97] diskutierte den Aspekt, dass die bessere Identifikationsleistung mit zunehmendem Alter auf das größere Wortverständnis und die zunehmende Fähigkeit der Kinder, eine verbale Instruktion umzusetzen, zurückzuführen war, als vielmehr eine bessere Geruchsleistung widerzuspiegeln. Saito et al. [94] erklärten die schlechtere Identifikationsrate der Kinder im Vergleich zu Erwachsenen für die Identifikation von 22 Gerüchen durch die geringere Erfahrung der jungen Probanden mit

Gerüchen. Auch Doty [33] ist der Meinung, dass je mehr Erfahrung ein Proband mit einem Duft gemacht hat oder ihm ausgesetzt war, desto besser war die Identifikation für diesen Duft. Richman et al. [90] argumentierten jedoch, dass die Verbesserung der Testergebnisse für die Identifikation von Gerüchen mit zunehmendem Alter auf eine Reifung der olfaktorischen Prozesse und nicht auf die intellektuelle Entwicklung oder eine zunehmende Erfahrung zurückzuführen war. Diese Schlussfolgerung wird in der vorgestellten Arbeit nicht geteilt. Ich bin der Meinung, dass bei der Identifikation von Gerüchen der Erfahrungshintergrund, kulturelle Kontext und die im vorherigen Abschnitt genannten Gründe eine Rolle spielen.

In der Literatur zeigen sich **Geschlechtsunterschiede** für die Identifikation von Gerüchen.

In einer Vielzahl von Untersuchungen wurde gezeigt, dass weibliche Probanden Düfte besser identifizieren konnten als männliche Probanden (Cain [15], Doty et al. [25], Doty et al. [27], Doty [30], Doty [32], Hummel et al. [51], Koelaga und Köster [61], Stevenson und Repacholi [107]).

In der von Richman et al. [92] durchgeführten Untersuchung mit 825 Probanden im Alter von 4-17 Jahren überboten die weiblichen Probanden die männlichen Altersgenossen ab 8 Jahren, ab 14 Jahren war kein Geschlechtsunterschied für die Identifikationsaufgabe zu ermitteln.

In den Untersuchungen von Doty et al. [26], [27] (an 1198 Probanden vom 10.-99. Lebensjahr und an 1955 Probanden vom 5.-99. Lebensjahr) wurde gezeigt, dass die weiblichen Probanden über alle Altersgruppen bessere Identifikationsleistungen erbrachten, am deutlichsten in der präpubertären Altersgruppe und ab dem 50. Lebensjahr. In der Pubertät blieb die Überlegenheit der weiblichen Probanden bestehen, wenn auch nicht so deutlich wie in den anderen Altersgruppen. Dieser Geschlechtsunterschied war unabhängig von der Rassenzugehörigkeit, weibliche Probanden verschiedener Ethnizitäten (schwarze US-Amerikaner, kaukasische US-Amerikaner, amerikanische Koreaner, Japaner) erbrachten eine bessere Identifikationsleistung als die männlichen Probanden (Doty et al. ([26], [32])).

Doty et al. ([27], [26]) werfen die Frage auf, ob die unterschiedliche geruchliche Leistung zwischen den männlichen und weiblichen Probanden durch das unterschiedliche Level an gonadalen Hormonen bedingt ist. Bezogen auf die gesamte Lebensspanne beschrieb Doty [30], dass das fortschreitende Alter einen größeren Einfluss auf die Geruchleistung, insbe-

sondere Geruchswahrnehmung und Identifikation hatte als das Geschlecht. Jedoch behielten Frauen ihre bessere Geruchsleistung bis zu einem höheren Alter als Männer.

In einer Untersuchung, die Kobal et al.[59] an erwachsenen Probanden (N=143, Durchschnittsalter 42 Jahre) mit den „Sniffin' Sticks“ durchführten, zeigten die weiblichen Probanden auch eine bessere Identifikationsleistung als die männlichen Probanden.

Nur wenige Autoren wiesen keine bessere Identifikation der weiblichen Probanden im Vergleich zu den männlichen Probanden nach. Kobal et al. [60] untersuchten vier verschiedene Altersgruppen (6.-15. Lebensjahr, 16.-35. Lebensjahr, 36.-55. Lebensjahr, > 55 Jahre. N gesamt 1036 Probanden) für die Identifikation mit der „Sniffin' Sticks“ Testreihe und zeigten hierbei zwischen der jüngsten Altersgruppe (6-15 Jahre) und der nächstälteren Altersgruppe (16-35 Jahre) eine bessere Identifikationsleistung mit voranschreitendem Alter. Ein Geschlechtsunterschied für diese beiden Altersgruppen wurde von Kobal et al. [60] nicht nachgewiesen. Auch Hallberg et al. [45] zeigten mit dem „Swedish Smell Identification Test for Children“ für Probanden im Alter von 5-14 Jahren keine bessere Identifikationsleistung der weiblichen Probanden im Vergleich zu den männlichen Probanden.

In der hier vorgestellten Untersuchung wiesen die weiblichen Probanden der präpubertären und pubertären Altersgruppe keine bessere Identifikationsleistung als die gleichaltrigen männlichen Probanden auf. In der erwachsenen Altersgruppe könnte es möglich sein, dass die Probandenanzahl zu gering war, um einen Unterschied zwischen den Geschlechtern nachzuweisen. Da die Identifikation eine häufig untersuchte Teilleistung einer Geruchstestung ist (im Gegensatz zu der seltener untersuchten Hedonik oder Präferenz), sollte meiner Meinung nach dieser Test der „Sniffin' Sticks“ mit den ursprünglich vorgesehenen sechszehn Duftstiften und nicht wie hier mit nur neun Duftstiften durchgeführt werden und stattdessen einzelne Untertests (Hedonik und Intensität, Präferenz oder Diskrimination) weggelassen werden.

4.3. Einflüsse auf die Geruchsleistung

Bei einer psychophysischen Geruchstestung, wie mit den „Sniffin' Sticks“, spielen Faktoren wie der **sprachliche und kulturelle Hintergrund sowie kognitive Fähigkeiten und Persönlichkeitsmerkmale** eine erhebliche Rolle.

Frank et al. [39] zeigten, dass bei einer Geruchstestung mithilfe des „University of Pennsylvania Smell Identification Test“ Kinder und zugewanderte US-Amerikaner (chinesische oder indische Studenten) schlechtere Ergebnisse erzielten als einheimische US-Amerikaner. Die unterschiedliche Geruchsleistung spiegelte hier mehr sprachliche und kulturelle Unterschiede wieder als verlässlich eine unterschiedliche Leistungsfähigkeit des Geruchssinnes anzuzeigen. In diesem Test sollten typisch amerikanische Düfte (wie zum Beispiel „wintergreen“) identifiziert werden, die Probanden aus einem anderen Kulturkreis weniger geläufig sind.

In der hier vorgestellten Untersuchung kamen nur drei Probanden aus der erwachsenen Altersgruppe aus dem Ausland (ein türkischer Proband, eine luxemburgische Probandin, eine vietnamesische Probandin). In der präpubertären Altersgruppe kamen bei vier Probanden ein Elternteil aus dem europäischen Ausland (spanisch-deutsch, 2x englisch-deutsch, holländisch-deutsch), in der pubertären Altersgruppe kam bei neun Probanden ein Elternteil aus dem Ausland (2x kroatisch-deutsch, 2x russisch-deutsch, 2x englisch-deutsch, rumänisch-deutsch, französisch-deutsch, tunesisch-deutsch). Aufgrund der kleinen Gruppengröße mit ausländischen Probanden in den jeweiligen Altersgruppen wurde keine statistische Auswertung durchgeführt, bei der Geruchstestung zeigten diese Probanden mit Migrationshintergrund keine „Ausreißer“ bei den Ergebnissen.

Lehrner et al. [75] zeigten, dass die geruchliche Sensitivität von Kindern gut entwickelt war, nur die Fähigkeit, die Gerüche korrekt zu benennen und aus dem Geruchsgedächtnis darauf zurückzugreifen, denen von Erwachsenen unterlag. In dieser Untersuchung wurde der Grund für die schlechtere Leistung von Kindern für die Geruchsidentifikation in den Grenzen der verbalen Fähigkeiten und mangelnden Vertrautheit mit den Gerüchen gesehen.

Eine Studie von Larsson et al. [71] an erwachsenen Probanden (N=532, Alter= 45-87 Jahre) zu der Identifikation von sechs Duftstoffen zeigte neben dem Ergebnis, dass die Identifikationsrate im höheren Lebensalter wieder abnimmt auch, dass eine positive Beziehung zwischen dem Wortschatz des Probanden sowie Persönlichkeitsaspekten und der richtigen Identifikation bestand. Es wurde in dieser Studie nachgewiesen, dass die Geruchsidentifika-

tion mit den Persönlichkeitszügen Neurotizismus/ Impulsivität/ Mangel an Durchsetzungsfähigkeit assoziiert ist. In bildgebenden Verfahren wurde gezeigt, dass die Verarbeitung von olfaktorischen Informationen in neuroanatomischen Strukturen innerhalb des limbischen Systems stattfindet, einer Region, die auch Emotionen steuert. (Larsson et al. [71]). Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchung entspricht es meiner Beobachtung, dass vor allem bei der jüngsten Altersgruppe Persönlichkeitsaspekte und die Konzentrationsfähigkeit einen Einfluss auf die Testung haben könnten. In der hier vorgestellten Untersuchung wurde dieser Aspekt beim Testdesign nicht berücksichtigt.

Weitere Untersuchungen legen nahe, dass die unterschiedliche Geruchsleistung zwischen den Geschlechtern durch unterschiedliche Hormonspiegel bedingt sein könnte, und sich vor allem mit Einsetzen der **Pubertät** deutlicher abzeichnet.

Koelaga [63] zeigte an drei Altersgruppen (Durchschnittsalter 9 Jahre (N=58), 15 Jahre (N=58), 20 Jahre (N=128)), dass nur die präpubertären Probanden für 2 Moschusdüfte eine geringere Sensitivität als die beiden anderen Altersgruppen aufwiesen und dass für Amylacetat (Duft nach Banane, fruchtähnlich) kein Unterschied für die Sensitivität zwischen den drei Altersgruppen bestand. Dieses Ergebnis führte Koelaga zu der Schlussfolgerung, dass sich geruchsspezifische Rezeptoren während der Pubertät entwickeln.

Doty und Cameron [36] zeigten, dass präpubertäre Mädchen bessere Ergebnisse in der Schwellenwertbestimmung und für Identifikation von Gerüchen erzielten als präpubertäre Jungen. Nach Doty und Cameron [36] könnten als Ursache, neben denen in der Pubertät ansteigenden gonadalen Hormonen auch andere, bisher weniger beachtete, endokrine Substanzen (wie beispielsweise Dehydroepiandrosteron, ein im menschlichen Körper vorkommendes Steroid) für die geschlechtsspezifischen Unterschiede verantwortlich sein.

Le Magnen [76] vermutete, dass die unterschiedliche Sensitivität gegenüber Düften durch ein unterschiedliches Level an gonadalen Hormonen bedingt ist und dadurch die geschlechtsspezifischen Unterschiede bei der Geruchswahrnehmung erklärt werden können. Er untersuchte die Sensitivität von Probanden für verschiedene Duftstoffe (z.B. Eukalyptus, Safrol), die weiblichen Probanden erzielten für Exaltolide niedrigere Schwellenwerte und zeigten damit eine höhere Sensitivität als bei männlichen Probanden.

Dalton et al. [20] untersuchten weibliche Probanden, die durch die wiederholte Darbietung des Duftes Benzaldehyd, ihre Sensitivität für diesen Duft steigern konnten im Gegensatz zu der Kontrollgruppe (4 präpubertäre Mädchen (Alter 8-10 Jahre) und 4 postmenopausale

Frauen (Alter 49-61 Jahre). Dalton et al. [20] vermuteten, dass weibliche Geschlechtshormone zwischen Menarche und Menopause für die Verbesserung der Sensitivität verantwortlich sind.

Einen weiteren Hinweis für den Einfluss von Geschlechtshormonen auf die Geruchswahrnehmung liefern verschiedene Untersuchungen, die zeigen, dass die Geruchsleistung weiblicher Probanden einer Modulation während des **weiblichen Zyklus** unterliegt.

Doty et al. [24] fanden bei der Testung von 23 weiblichen Probanden (17 Probanden ohne Pilleneinnahme, 6 Probanden mit Pilleneinnahme) eine leicht erhöhte Sensitivität für 2-Furaldehyd während der Mens, die geringste Sensitivität wurde direkt nach der Mens festgestellt. Es wurde keine unterschiedliche Sensitivität für 2-Furaldehyd zwischen Pillenanwenderinnen und Probandinnen ohne hormonelle Kontrazeption berichtet (Doty [24]). Die Autoren schlossen aus, dass nicht allein Gonadotropine oder periphere gonadale Hormone die Grundlage für die Veränderungen waren, aber dass die olfaktorischen Veränderungen mit hormonellen Mechanismen in Wechselbeziehung standen (Doty [30], Doty und Cameron [36]). Die letztendlich zugrunde liegenden Mechanismen sind noch nicht geklärt (Doty [30]).

Navarrete-Palacios et al. [82] untersuchten die Wahrnehmungsschwelle von Frauen für Amylacetat und fanden die höchste Sensitivität zum Ovulationszeitpunkt und in der Lutealphase, also in der zweiten Zyklushälfte. Die gleiche Forschergruppe fand auch heraus, dass das Riechepithel der Nase Veränderungen im Zyklus unterworfen ist, die mit den Veränderungen der Vaginalschleimhaut korrelieren.

Weiterhin bleibt unklar, ob die geruchlichen Sensitivitätsänderungen während des weiblichen Zyklus durch eine Veränderung im peripheren Anteil des sensorischen Systems bedingt sind oder ob die zentrale Verarbeitung die veränderte Geruchswahrnehmung bedingt.

In der Untersuchung von Pause et al. [85] wurde mithilfe von olfaktorisch ereigniskorrelierten Potentialen nachgewiesen, dass sich die subjektive Wahrnehmung von Gerüchen im Laufe des Menstruationszyklus änderte, wohingegen die Wahrnehmungsschwelle zu drei untersuchten Zeitpunkten (Follikel-, Ovulations- und Lutealphase) keiner Änderung unterlag. Bei den fünf weiblichen Probanden wurde während der Ovulationsphase eine gesteigerte Amplitude der ereigniskorrelierten Potentiale nachgewiesen, worin sich laut Pause et al. [85] eine höhere Aufmerksamkeit gegenüber dem olfaktorischen Reiz widerspiegelte.

Auch Doty [30] wies eine veränderte kognitive Verarbeitung von Gerüchen zu drei verschiedenen Zykluszeitpunkten nach. Doty [30] sah einen Erklärungsansatz darin, dass die Fluktua-

tionen verschiedener Hormonlevel während des Zyklus eine grundsätzliche Aktivierung auf zentraler Steuerungsebene hervorrief. Als methodische Schwäche wurde in der hier vorgestellten Untersuchung nicht der Zyklus bei den weiblichen Probanden erfragt.

Auch durch Geruchstestungen in der **Schwangerschaft** wurde versucht, den Zusammenhang zwischen Änderungen im Hormonhaushalt und dadurch bedingten Modulationen des Geruchssinnes näher zu beleuchten. Schwangere berichteten häufig über eine gesteigerte Sensitivität gegenüber Gerüchen (Nordin et al. [84]). In einer longitudinalen Studie von Laska et al. [73], die Probandinnen im ersten, zweiten und dritten Trimenon sowie nach Abschluss des Wochenbettes untersuchte, wurde unter anderem eine veränderte Sensitivität für n-Butanol und eine veränderte Intensitätsbewertung von Androstenon und Galaxolide zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten festgestellt. Kölblle et al. [64] wiesen keine unterschiedliche Schwellenwahrnehmung für n-Butanol bei Schwangeren im ersten Trimenon im Vergleich zu nicht schwangeren Probandinnen nach. Für die von den Probandinnen berichteten Veränderungen der Geruchswahrnehmung vermuteten Kölblle et al. [64] eine in der Schwangerschaft veränderte kognitive Geruchsverarbeitung. Doty und Cameron [36] und Cameron [16] konnten keine generelle Verbesserung der Geruchsidentifikation in der Schwangerschaft nachweisen. Bemerkenswert bleibt, dass die Mehrzahl der Schwangeren über eine subjektiv veränderte Geruchswahrnehmung berichten, auch wenn dies in psychophysischen Tests nicht objektivierbar ist. Als Ursache für die Uneinheitlichkeit der Ergebnisse sahen Laska et al. [73] die nicht bekannten Fluktuationen von physiologischen und psychologischen Faktoren im Verlauf einer Schwangerschaft.

Grundsätzlich sieht man sich bei der Testung des Geruchssinnes mit einem Problem konfrontiert, das Doty und Cameron [36] beschrieben. Als Epiphänomen vorliegende Erscheinungen (wie z.B. die unterschiedliche Geruchsleistung von Männern und Frauen) müssen nicht kausal an biologische Parameter (wie Hormonwerte) gekoppelt sein, sondern können auch Begleiterscheinungen komplexer Mechanismen sein.

5. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit stellt einen Geruchstest für Kinder und Jugendliche vor. Dazu wurde die Geruchsleistung einer präpubertären (N=49), einer pubertären (N=38) und einer erwachsenen Altersgruppe (N=18) untersucht. Bei dieser Testung sollte auch untersucht werden, ob sich alters- oder geschlechtsspezifische Veränderungen der Geruchswahrnehmung im Laufe der Pubertät nachweisen lassen.

Dazu wurde der für Erwachsene etablierte Geruchstest „Sniffin' Sticks“ zur Anpassung an die Kinder modifiziert. Aus den Untertests Schwellenwahrnehmung, Diskrimination und Identifikation wurde jeweils eine Auswahl an Duftstoffen getroffen. Mit diesem reduzierten Set an „Sniffin' Sticks“ wurde vermieden, die Kinder hinsichtlich Konzentrationsfähigkeit und Geduld zu überfordern. Zusätzlich wurden die Hedonik und Intensität sowie Präferenz für selbst angesetzte Duftstoffe erfragt.

Die geruchliche Sensitivität der drei Altersgruppen wurde mit den Duftstoffen n-Butanol und 2-Phenylethanol untersucht. Die Schwellenwahrnehmung verbesserte sich dabei mit zunehmendem Alter. Im Geschlechtervergleich zeigten die weiblichen Probanden der präpubertären Altersgruppe eine höhere Sensitivität für 2-Phenylethanol als die männlichen präpubertären Probanden.

Die geruchliche Diskriminationsfähigkeit wurde mit fünf verschiedenen Duftpaaren untersucht. Für zwei qualitativ schwer zu unterscheidende Duftpaare (Anethol versus Eugenol und (-)-Carvon versus (+)-Carvon) wurde eine bessere Diskriminationsfähigkeit mit zunehmendem Alter bei beiden Geschlechtern gezeigt.

Das geruchliche Identifikationsvermögen wurde für neun verschiedene Duftstoffe erfragt. Dabei zeigte die pubertäre Altersgruppe im Vergleich zu der präpubertären Altersgruppe eine signifikant höhere Identifikationsrate für die drei Duftstoffe Schuhleder, Apfel und Rose. Das bessere Identifikationsvermögen mit zunehmendem Alter wurde auch im Altersgruppenvergleich nach Geschlechtern getrennt für diese Duftstoffe gezeigt.

Für die Prüfung geruchlicher Präferenzen wurden fünf verschiedene Düfte gegeneinander im Paarvergleich bewertet. Anis wurde mit zunehmendem Alter signifikant häufiger bevorzugt,

ansonsten deuteten sich keine pubertätsbedingten oder geschlechtsspezifischen Präferenzen für nahrungsassoziierte Duftstoffe an.

Die präpubertäre Altersgruppe zeigte bei der Prüfung der Hedonik und Intensitätsbewertung von insgesamt fünf Duftstoffen eine höhere Toleranz für unangenehme oder nicht bekannte Duftstoffe (Diacetyl und (-)-Borneol) als die beiden älteren Altersgruppen.

Der moschusartige Duft Galaxolide und die Körpergeruch-Komponente Androstenon wurden zur Untersuchung von hormonbedingten oder geschlechtsabhängigen Veränderungen des Geruchssinnes schon in vielen Untersuchungen benutzt. In der vorliegenden Arbeit wurde getestet, ob die Probanden diese Substanzen wahrnehmen konnten, um dann die hedonische und Intensitätsbewertung zu erfragen. Der Anteil der pubertären Probanden, die Androstenon wahrnehmen konnten, war signifikant niedriger als in den beiden anderen Altersgruppen. In der pubertären Altersgruppe nahmen die männlichen Probanden Androstenon signifikant häufiger als die weiblichen Probanden wahr. Die präpubertäre Altersgruppe bewertete Androstenon als intensiver riechend, wohingegen Galaxolide von der präpubertären Altersgruppe als weniger intensiv bewertet wurde im Vergleich zu der pubertären oder erwachsenen Altersgruppe. In der präpubertären Altersgruppe wurde Galaxolide von den weiblichen Probanden hedonisch angenehmer bewertet als von den männlichen Probanden.

Die altersgemässe Adaptation des für Erwachsene etablierten Geruchstests „Sniffin' Sticks“ zur Anwendung mit Kindern und Jugendlichen hat sich als praktikabel erwiesen. Um pubertätsbedingte oder geschlechtsspezifische Veränderungen des Geruchssinnes sicher nachweisen oder ausschließen zu können, sind umfangreichere Untersuchungen mit dem Münchner Geruchstest für Kinder und Jugendliche nötig.

6. Literatur

- [1] ASTM (1975) Standard recommended practice for referencing suprathreshold odor intensity. Am Soc Testing Materials (Phil.), E 544-575
- [2] Amoore JE, Pelosi P, Forrester LJ (1977) Specific anosmia to 5 α -androst-16-en-3-one and ω -pentadecalactone: the urinous and musky primary odors. Chem Senses and Flavour 2, 401-425
- [3] Arctander S (Ed.) (1969) Perfume and flavor chemicals. Montclair, New Jersey (USA)
- [4] Ayabe-Kanamura S, Schicker I, Laska M, Hudson R, Distel H, Kobayakawa T, Saito S (1998) Differences in perception of everyday odors: a japanese-german cross-cultural study. Chem Senses 32, 31-38
- [5] Balogh RD, Porter RH (1986) Olfactory preferences resulting from mere exposure in human neonates. Infant Behav Dev 9, 395-401
- [6] Baydar A, Petrzilka M, Schott MP (1993) Olfactory thresholds for androstenone and Galaxolide: sensitivity, insensitivity and specific anosmia. Chem Senses 18 (6), 661-668
- [7] Beets MGJ, Theimer ET (1970): Odour similarity between structurally unrelated odorants. In: Taste and smell in vertebrates. Wolstenholme GEW, Knight J (Eds.). Churchill, London, 313-323
- [8] Bierich JR (1981) Pubertät. Journal of Molecular Medicine (formerly: Klinische Wochenschrift) 59 (17), 985-994
- [9] Bird S, Gower DB (1983) Estimation of the odorous steroid, 5 alpha-androst-16-en-3-one, in human saliva. Experientia 39, 790-792
- [10] Bremner EA, Mainland JD, Khan RM, Sobel N (2003) The prevalence of androstenone anosmia. Chem Senses 28, 423-432
- [11] Brooksbank BW, Cunningham AE, Wilson DA (1969) The detection of androsta-4,16-dien-3-one in peripheral plasma of adult men. Steroids 13, 29-50
- [12] Brooksbank BWL, Haslewood GAD (1961) Estimation of androst-16-en-3alpha-ol in human urine- partial synthesis of androstenol and of its beta-glucosiduronic acid. J Biochem 80, 488
- [13] Brooksbank BWL, Brown R, Gustaffson JA (1974) The detection of 5 α -Androst-16-en-3-one in human axillary sweat. Experientia 30, 864-865
- [14] Burdock, GA (Ed.) (2001) Fenaroli's handbook of flavor ingredients. CRC Press, Boca Raton
- [15] Cain WS (1982) Odor identification by males and females: prediction vs. performance. Chem Senses 7 (2) 129-142
- [16] Cameron EL (2007) Measures of human olfactory perception during pregnancy. Chem Senses 32, 775-782
- [17] Chen AW, Resurreccion AV (1996) Age appropriate hedonic scales to measure food preferences of young children. Journal of Sensory Studies 11, 141-163
- [18] Claus R, Alsing W (1976) Occurrence of 5alpha-androst-16en-3-one, a boar pheromone, in man and its relationship testosterone. J Endocrinol 68, 483-484
- [19] Croy I, Lange K, Krone F, Negoias S, Seo HS, Hummel T (2009) Comparison between odor thresholds for Phenyl Ethyl Alcohol and Butanol. Chem Senses 34, 523-527
- [20] Dalton P, Doolittle N, Breslin P.A.S. (2002) Gender-specific induction of enhanced sensitivity to odors. Nature neuroscience 5 (3), 199-200
- [21] Davidson TM, Freed C, Healy MP, Murphy C (1998) Rapid clinical evaluation of anosmia in children: the alcohol sniff test. Annals of the New York Academy of Science 855, 787-792

- [22] Distel H, Ayabe-Kanamura S, Martinez-Gomez M, Schicker I, Kobayakawa T, Saito S, Hudson R (1999): Perception of everyday odors - correlation between intensity, familiarity and strength of hedonic judgement. *Chem Senses* 24, 191-199
- [23] Dorries KM, Schmidt HJ, Beauchamp GK, Wysocki CJ (1989) Changes in sensitivity to the odor of androstenone during adolescence. *Developmental Psychobiology* 22, 423-435
- [24] Doty RL, Snyder PJ, Huggins GR, Lowry LD (1981) Endocrine, cardiovascular, and psychological correlates of olfactory sensitivity changes during the human menstrual cycle. *Journal of comparative and physiological psychology* 95 (1), 45-60
- [25] Doty RL, Applebaum S, Zusho H, Settle RG (1983) Sex differences in odor identification ability: a cross-cultural analysis. *Neuropsychologia* 23, 667-672
- [26] Doty RL, Shaman P, Dann M (1984) Development of the University of Pennsylvania Smell Identification Test: a standardized microencapsulated test of olfactory function. *Physiology and Behavior* 32, 489-502
- [27] Doty RL, Shaman P, Applebaum SL, Giberson R, Sikorski L, Rosenberg L (1984) Smell identification ability: changes with age. *Science* 226, 1441-1443
- [28] Doty RL (1986) Gender and endocrine-related influences on human olfactory reception. In Meiselman HL, Rivlin RS (eds): "Clinical measurement of taste and smell", MacMillan Publ. Co., New York, 377-413
- [29] Doty RL (1986) Reproductive endocrine influence upon olfactory perception: a current perspective. *Journal of chemical ecology* 12(2), 497-511
- [30] Doty RL (1989) Endocrine influences upon human olfactory function. In Lakoski M, Perez-Polo JR, Rassin DK (Eds.) *Neural Control of Reproductive Function*. Alan R. Liss, New York, 567-581
- [31] Doty RL (1991) Olfactory system. In Getchell TV, Doty RL, Bartoshuk LM, Snow JB Jr (Eds.), *Smell and taste in Health and disease*. Raven Press, New York, 1803
- [32] Doty RL (1991) Influences of aging on human olfactory function. In Laing DG, Doty RL, Breipohl W (Eds.) *The human sense of smell*. Springer Verlag, Berlin, 181-195
- [33] Doty RL (1991) Olfactory function in neonates. In Laing DG, Doty RL, Breipohl W (Eds.) *The human sense of smell*. Springer Verlag, Berlin, 155-165
- [34] Doty RL, Marcus A, Lee WW (1996) Development of the 12-item cross-cultural smell identification test (CC-SIT). *Laryngoscope* 106, 353-356
- [35] Doty RL (1997) Review Studies of human olfaction from the University of Pennsylvania Smell and Taste Center. *Chem Senses* 22, 565-586
- [36] Doty RL, Cameron EL (2009) Sex differences and reproductive hormone influences on human odor perception. *Physiology & Behavior* 97, 213-228
- [37] Engen T (1974) Method and theory in the study of odor preferences. In Turk A, Johnson J, Moulton D (Eds.) *Human responses to environmental odors*. New York Academic, 121-141
- [38] Engen T (1986) Children's Sense of Smell. In Meiselman HL, Rivlin RS (Eds.) *Clinical measurement of taste and smell*. MacMillan Publ., New York, 316-325
- [39] Frank RA, Dulay MF, Niergarth KA, Gesteland RC (2004) A comparison of the sniff magnitude test and the University Pennsylvania Smell Identification Test in children and nonnative English speakers. *Physiology & Behavior* 81, 475-480
- [40] Filsinger EE, Braun JJ, Monte WC (1990) Sex differences in response to the odor of alpha androstenone. *Perceptual and motor skills* 70, 216-218
- [41] Fujiwara C, Saito S (1996) Effect of experience of odors on odor preference in 2-year-old children. *Chem Senses* 21 (1), 107
- [42] Göretzlehner G, Lauritzen C, Römer T, Rossmanith W (2012) *Praktische Hormontherapie in der Gynäkologie*. De Gruyter Verlag, Berlin, 47
- [43] Grammer K (1993) 5- α -androst-16en-3 α -on: a male pheromone? A brief report. *Ethology and Sociobiology* 14, 201-208

- [44] Griffiths NM, Patterson RLS (1970) Human olfactory responses to 5 α -androst-16-en-3-one - principal component of boar taint. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 21, 4-6
- [45] Hallberg A, Stjärne P, Larsson M (2002) Swedish Smell Identification Test for Children. *Chem Senses* 27 (7), A41-A42
- [46] Hudson R, Laska M, Berger T, Heye B, Schopohl J, Danek A (1994) Olfactory function in patients with hypogonadotropic hypogonadism: an all-or-none phenomenon? *Chem Senses* 19 (1), 57-69
- [47] Hummel T, Gollisch R, Wildt G, Kobal G (1991) Changes in olfactory perception during the menstrual cycle. *Cellular and Molecular Life Sciences - CMLS (formerly: Experientia)* 47, 712-715
- [48] Hummel T, Sekinger B, Wolf SR, Pauli E, Kobal G (1997) „Sniffin' Sticks“: olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory thresholds. *Chem Senses* 22, 39-52
- [49] Hummel T, Krone F, Lundström JN, Bartsch O (2005) Androstadienone odor thresholds in adolescents. *Hormones and Behavior* 47, 306-310
- [50] Hummel T, Bensafi M, Nikolaus J, Knecht M, Laing DG, Schaal B (2007) Olfactory function in children assessed with psychophysical and electrophysiological techniques. *Behavioural Brain Research* 180, 133-138
- [51] Hummel T, Kobal G, Gudziol H, Mackay-Sim A (2007) Normative data for the "Sniffin' Sticks" including tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds: an upgrade based on a group of more than 3,000 subjects. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 264, 237-243
- [52] Jehl C, Murphy C (1996) Odorant identification in normally developing children and adolescents. *Chem Senses* 21 (5), 618
- [53] Jehl C, Murphy C (1998) Cognitive development and odor categorization. *Chem Senses* 23 (5), 565
- [54] Karlson P, Lüscher M (1959) Pheromones: a New Term for a Class of Biologically Active Substances. *Nature* 183, 55-56
- [55] Keller A, Zhuang H, Chi Q, Vosshall LB, Matsunami H (2007) Genetic variation in a human odorant receptor alters odour perception. *Nature* 449, 468-472
- [56] Kirk-Smith M, Booth DA, Carrol D, Davies P (1978) Human social attitudes effected by androstenol. *Research Communications in Psychology, Psychiatry and Behavior* 3 (4), 379-384
- [57] Knaapila A, Zhu G, Medland SE, Wysocki CJ, Montgomery GW, Martin NG, Wright MJ, Reed DR (2012) A Genome-wide study on the perception of the odorants androstenone and Galaxolide. *Chem Senses* 37, 541-552
- [58] Knecht M, Hummel T (2007) Olfactory event-related potentials in children. *Chem Senses* 28 (E31)
- [59] Kobal G, Hummel T, Sekinger B, Barz S, Roscher S, Wolf S (1996) „Sniffin' Sticks“: Screening of olfactory performance. *Rhinology* 34, 222-226
- [60] Kobal G, Klimek L, Wolfensberger M, Gudziol H, Temmel A, Owen CM, Seeber H, Pauli E, Hummel T (2000) Multicenter investigation of 1,036 subjects using a standardized method for the assessment of olfactory function combining tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 257, 205-211
- [61] Koelaga HS, Köster EP (1974) Some experiments on sex differences in odor perception. *Ann NY Acad Sci* 237, 234-246
- [62] Koelaga HS (1980) Preference for and sensitivity to the odors of androstenone and musk. Van der Starre H (Ed.) *Olfaction and Taste VII*, IRL Press, London, 436
- [63] Koelaga HS (1994) Prepubescent children may have specific deficits in olfactory sensitivity. *Perceptual and motor skills* 78 (1), 191-199
- [64] Kölbl N, Hummel T, von Mering R, Huch A, Huch R (2001) Gustatory and olfactory function in the first trimester of pregnancy. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 99, 179-83
- [65] Köster EP (1968) Olfactory sensitivity and the menstrual cycle. *Olfactologia* 1, 57-64

- [66] Kohl JV, Atzmueller M, Fink B, Grammer K (2001) Human pheromones: integrating Neuroendocrinology and Ethology. *Neuroendocrinology Letters* 22, 309-321
- [67] Kruggel F (1989) Die Untersuchung des olfaktorischen Systems bei Patientin mit fokalen Hirnschädigungen. Dissertation der medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität, München
- [68] Laing DG (1983) Natural sniffing gives optimum odor perception for humans. *Perception* 12, 99-107
- [69] Laing DG, Clark PJ (1983) Puberty and olfactory preferences of males. *Physiology & Behavior* 30, 591-597
- [70] Lamprecht J (1999): Biologische Forschung: Von der Planung bis zur Publikation. Filander, Fürth.
- [71] Larsson M, Finkel, D, Pederson NL (2000) Odor identification: influences of age, gender, cognition, and personality. *Journal of Gerontology, Psychological Sciences* 55B (5), 304-310
- [72] Laska M, Luna Baltazar JM, Rodriguez Luna E (2003) Food preferences and nutrient composition in captive pacas, *Agouti paca* (Rodentia, Dasyproctidae). *Mamm Biol* 68, 31-41
- [73] Laska M, Koch B, Heid B, Hudson R (1996) Failure to demonstrate systematic changes in olfactory function in pregnancy and postpartum: a longitudinal study. *Chem Senses* 21, 567-71
- [74] Lehrner JP (1993) Olfactory functioning from childhood to old age. *Chem Senses* 18(5), 587
- [75] Lehrner JP, Glück J, Laska M (1999) Odor identification, consistency of label use, olfactory threshold, and their relationships to odor memory over the human lifespan. *Chem Senses* 24, 337-346
- [76] Le Magnen J (1952) Les phénomènes olfacto-sexuels chez l'homme. *Archives des Sciences Physiologiques* 6, 125-160
- [77] Liem DG, Mennella JA (2001) Flavor preferences during childhood. *Chem Senses* 26 (8), 1041
- [78] Lundström JN, Gonçalves M, Esteves F, Olsson MJ (2003) Psychological effects of the subthreshold exposure to the putative human pheromone 4,16-androstadien-3-one. *Hormones and Behavior* 44, 395-401
- [79] Mennella JA, Beauchamp GK (1991) Olfactory preferences in children and adults. In Laing DG, Doty RL, Breipohl W (eds), *Human sense of smell*. Springer Verlag, Berlin, 167-180
- [80] Moncrieff RW (1966) *Odor preferences*. John Wiley, New York
- [81] Murphy C (1985) Development of a clinical test of olfactory function in children. *Chem Senses* 10, 412-413
- [82] Navarrete-Palacios E, Hudson R, Reyes-Guerrero G, Guevara-Guzmán R (2003) Lower olfactory threshold during the ovulatory phase of the menstrual cycle. *Biological Psychology* 63, 296-279
- [83] Nishitani S, Miyamura T, Tagawa M, Sumi M, Takase R, Doi H, Moriuchi H, Shinohara K (2009) The calming effect of a maternal breast milk odor on the human newborn infant. *Neuroscience Research* 63, 66-71
- [84] Nordin S, Broman DA, Olofsson JK, Wulff M (2004) A longitudinal descriptive study of self-reported abnormal smell and taste perception in pregnant women. *Chem Senses* 29, 391-402
- [85] Pause BM, Sojka B, Krauel K, Fehm-Wolfsdorf G, Ferstl R (1996) Olfactory information processing during the course of the menstrual cycle. *Biological Psychology* 44, 31-54
- [86] Peto E (1936) Contribution to the development of smell feeling. *Br J Med Psychol* 15, 314-320
- [87] Preti G, Wysocki CJ (1999) Human pheromones: releasers or primers- fact or myth. In Johnston R.E., Müller-Schwarze D, Sorensen P.W. (Eds.), *Advances in Chemical Signals in Vertebrates*. Kluwer Academic, New York, 315-331
- [88] Principato JJ, Ozenberger JM (1970) Cyclical changes in nasal resistance. *Arch Otolaryngol* 91, 71-77
- [89] Rennie PJ, Gower DB, Holland KT (1991) In-vitro and in-vivo studies of human axillary odour and the cutaneous microflora. *Br J Dermatol* 124, 596-602
- [90] Richmann RA, Post EM, Wright H, Kirsch L, Morris G, Ward D (1985) Development of an olfactory test for children. *Pediatr Res* 19, 394
- [91] Richman RA; Sheehe PR, Wallace K, Hyde JM, Coplan J (1995) Olfactory performance during childhood II. Developing a discrimination task for children. *The journal of pediatrics* 127 (3), 421-426

- [92] Richman RA, Wallace K, Sheehe PR (1995) Assessment of an abbreviated odorant identification task for children: a rapid screening device for schools and clinics. *Acta Pædiatr* 84, 434-437
- [93] Saito A, Nishihata S (1981) Nasal airway resistance in children. *Rhinology* 19, 149-154
- [94] Saito S, Ayabe-Kanamura S, Kobayakawa T (1996) Characteristics of olfaction in 7-9-year-old children. *Chem Senses* 21 (1), 107
- [95] Schaal B, Montagner H, Hertling E, Bolzoni D, Moysé A, Quichon R (1980) Les stimulations olfactives dans les relations entre l'enfant et la mère. *Reprod Nutr Dev* 20, 843-858
- [96] Schaal B (1986) Presumed olfactory exchanges between mother and neonate in humans. In LeCamus J, Cosnier J (Eds.) *Ethology and Psychology*. Toulouse: Privat, I.E.C. 101-110 (zitiert aus Schmidt HJ, Beauchamp GK (1992) Human olfaction in infancy and early childhood, In Serby M, Chobor K (Ed) *Science of olfaction*, New York, Springer Verlag, 378-395)
- [97] Schaal B (1988) Olfaction in infants and children: developmental and functional perspectives. *Chem Senses* 13 (2), 145-190
- [98] Schaal B, Soussignan R, Marlier L, Kontar F, Karima IS, Tremblay RE (1997) Variability and invariants in early odour preferences: comparative data from children belonging to three cultures. *Chem Senses* 22 (2), 212
- [99] Schmidt HJ, Beauchamp GK (1987) Hedonic reactions to odors in three-year-old children. *Chem Senses* 12, 694
- [100] Schmidt HJ, Beauchamp GK (1988) Adult-like odor preferences and aversions in three-year old children. *Child Devel* 59, 1136-1143
- [101] Schmidt HJ, Beauchamp GK (1989) Sex differences in responsiveness to odors in 9-month-old-infants. *Chem Senses* 14, 744
- [102] Schmidt HJ (1992) Olfactory hedonics in infants and young children. In van Toller S, Dodd GH (eds.) *Fragrance, the psychology and biology of perfume*. Springer Verlag, 27-35
- [103] Schmidt HJ, Beauchamp GK (1992) Human olfaction in infancy and early childhood, In Serby M, Chobor K (Ed) *Science of olfaction*. Springer Verlag, New York, 378-395
- [104] Shapiro SS, Wilk MB (1965): An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika* 52 (3), 591-611
- [105] Shinohara K, Morofushi M, Funabash T, Mitsushima D, Kimura F (2000) Effects of 5 α -androst-16-en-3 α -ol on pulsatile secretion of luteinizing hormone in human females. *Chem Senses* 25, 465-467
- [106] Stein M, Ottenberg P, Roulet N (1958) A study of the development of olfactory preferences. *Arch Neurol Psychiatry* 80, 264-266
- [107] Stevenson RJ, Repacholi BM (2003) Age-related changes in children's hedonic response to male body odor. *Developmental Psychology* 39 (4), 670-679
- [108] Strauss EL (1970) A study on olfactory acuity. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 79, 95-104
- [109] Strickland M, Jessee PO, Filsinger EE (1988) A procedure for obtaining young children's reports of olfactory stimuli. *Perception Psychophys* 44, 379-382
- [110] Wagenpfeil S, Rohlmann F (2002): *Medizinische Statistik in EXCEL*. Institut für medizinische Statistik und Epidemiologie, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München.
- [111] Wiseman M (2004) *SPSS für Windows: Eine Einführung*. München, Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, <http://www.lrz.de/services/schulung/unterlagen/spss/spss-grundbegriffe/#einfuehrung>
- [112] Wiseman M (2004) *SPSS Special Topics: Einige Grundbegriffe der Statistik*. München, Leibniz-Rechenzentrum der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, <http://www.lrz.de/services/schulung/unterlagen/spss/spss-grundbegriffe/#tests>
- [113] Wysocki CJ, Beauchamp GK (1984) Ability to smell androstenone is genetically determined. *Proceedings of the National Academy Sciences USA* 81, 4899-4902

- [114] Wysocki CJ, Dorries KM, Beauchamp GK (1989) Ability to smell androstenone can be acquired by ostensibly anosmic people. *Proceedings of the National Academy Sciences USA* 86, 7976-7978
- [115] Wysocki CJ, Gilbert AN (1989) The National Geographic Smell Survey: Effects of age are heterogeneous. *Annals of the New York Academy of Sciences* 561, 12-28
- [116] Toulouse N, Vaschide S (1899b) Mesure de l'odorat chez les enfants. *Séances Mém Soc Biol* 41, 487-489

Anhang

Anschreiben an die Eltern minderjähriger Probanden

Sehr geehrte Eltern,

mit diesem Schreiben möchten wir sie auf ein Forschungsprojekt der LMU München aufmerksam machen. Es handelt sich um eine Kooperation der Hauner'schen Kinderklinik mit dem Institut für medizinische Psychologie.

Ziel dieser Studie ist es, die Veränderungen des Geruchssinnes im Laufe des Heranwachsens zu untersuchen. Bisher weiß man wenig über den Geruchssinn von Kindern und Jugendlichen und den Einfluss der Pubertät auf die Geruchswahrnehmung. In den letzten Jahren hat sich herausgestellt, dass der Geruchssinn eine weitaus wichtigere Rolle für den Menschen spielt als bislang angenommen.

Die Untersuchung von gesunden Kindern soll uns helfen, die normale Entwicklung des kindlichen Geruchssinnes besser zu verstehen. Diese Daten können dann als Vergleich herangezogen werden, um pathologische Veränderungen bei jungen Patienten der Kinderklinik zu erkennen.

Der entwickelte Test besteht aus Duftstiften, die seit Jahren im klinischen wie auch wissenschaftlichen Bereich verwendet werden, so dass gesundheitliche Schäden (wie z.B. Auslösen von Allergien oder gesundheitschädigenden Substanzen der Duftstoffe) sicher ausgeschlossen werden können. Eine Unbedenklichkeitserklärung der Herstellerfirma liegt vor und kann eingesehen werden- die Untersuchung der Substanzen wurden von einer Lebensmittelchemikerin durchgeführt.

Der Schnuppertest dauert ca. 30 min. In dieser kurzen Zeit können Jugendliche aufmerksam gemacht werden für das Reich der Düfte und ein –oft unterschätztes- Sinnesorgan gezielt erproben und kennen lernen.

Bei weiteren Fragen stehen wir Ihnen gerne persönlich zur Verfügung. Desweiteren können sie detailliertere Informationsbroschüren einsehen.

Über Ihr Interesse und die Teilnahme Ihrer Tochter / Ihres Sohnes würden wir uns freuen.

Mit freundlichen Grüßen

Einverständniserklärung der Eltern minderjähriger Probanden

Einverständniserklärung

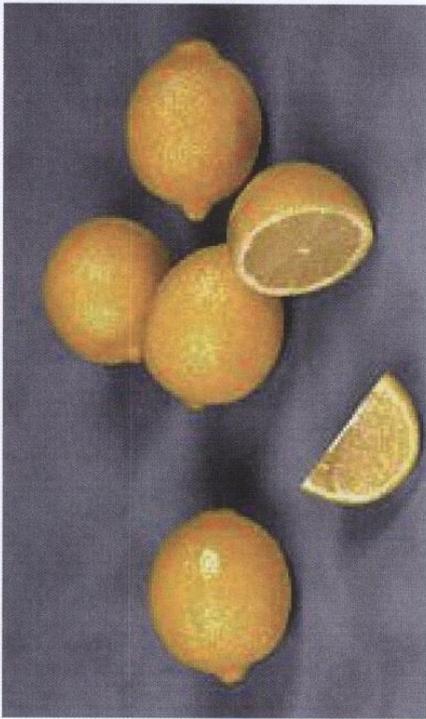
Ich _____ (Name des Erziehungsberechtigten) bin damit ein-
verstanden/ nicht einverstanden, dass meine Tochter/ mein Sohn _____,
geboren am _____ an dem Münchener Schnuppertest teilnimmt.

München, den _____

Unterschrift

Bildliche Darstellungen von Geruchsstoffen im Identifikationstest

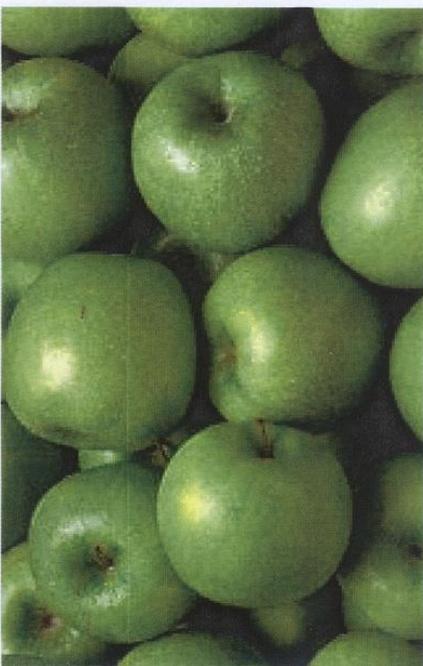
Identifikationsaufgabe Zitrone



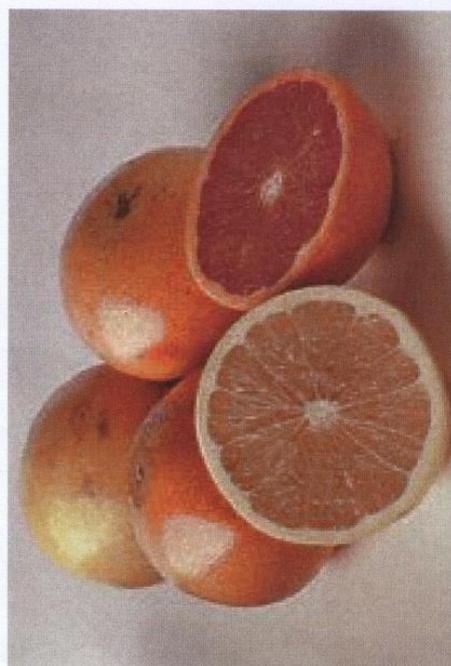
Zitrone



Pfirsich

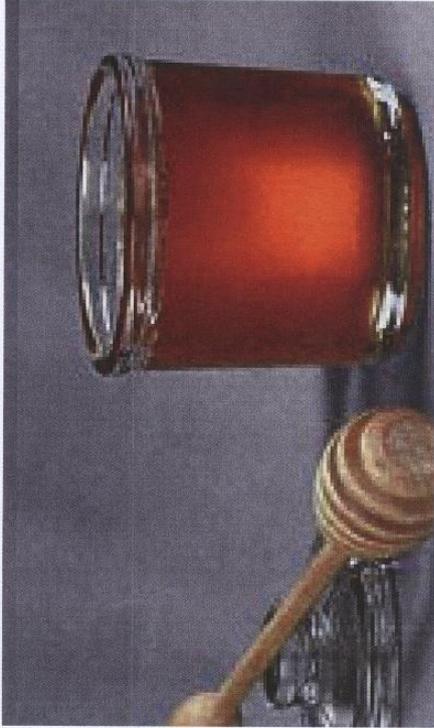


Apfel

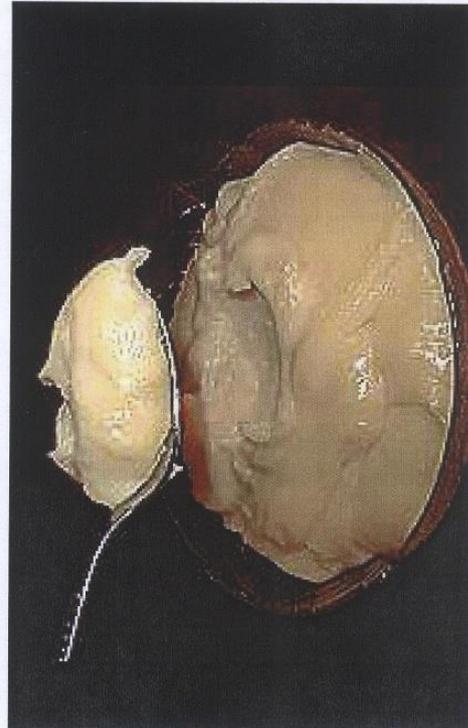


Grapefruit (Pampelmuse)

Identifikationsaufgabe Zimt



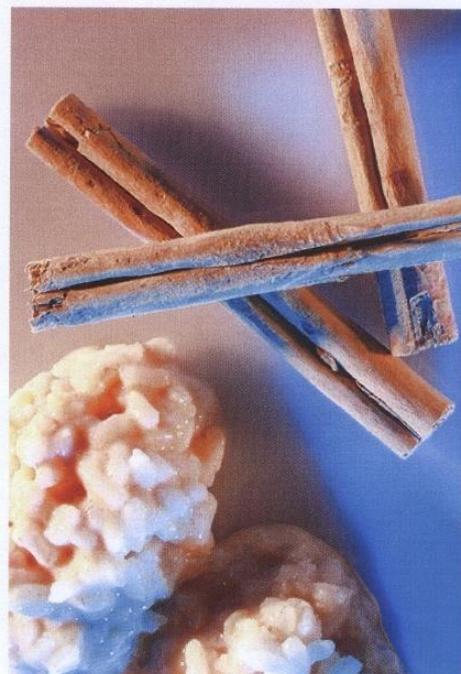
Honig



Vanille



Schokolade



Zimt

Identifikationsaufgabe Schuhleder



Klebstoff

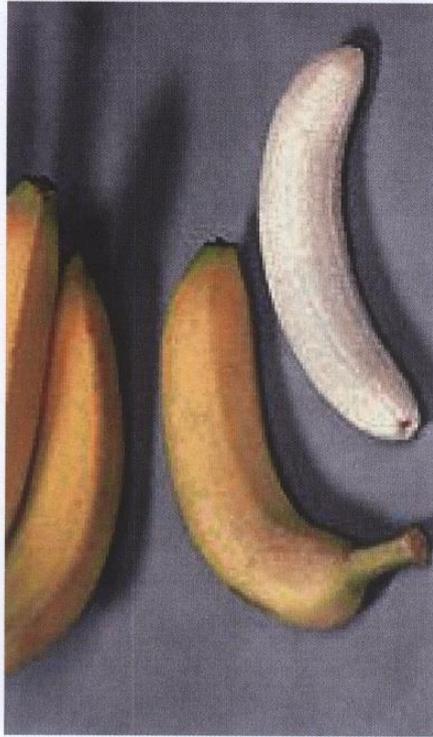
Rauch



Gras

Schuhleder

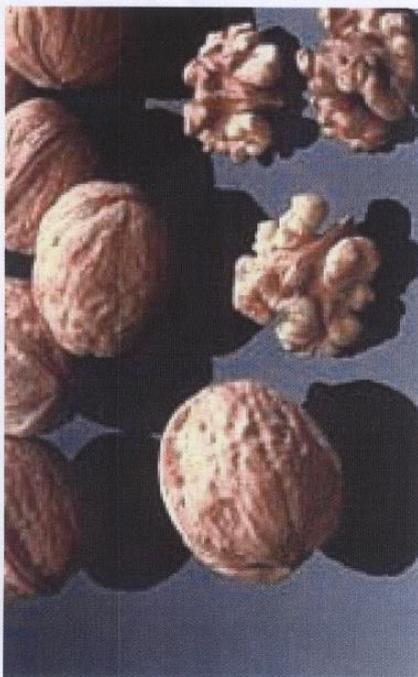
Identifikationsaufgabe Banane



Banane



Kirsche

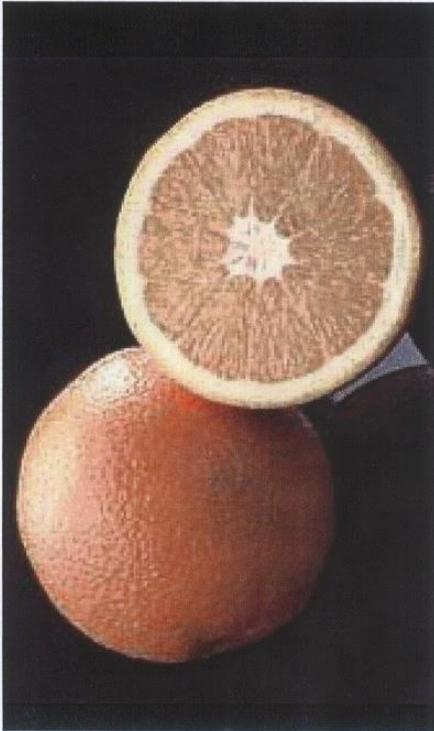


Walnuß

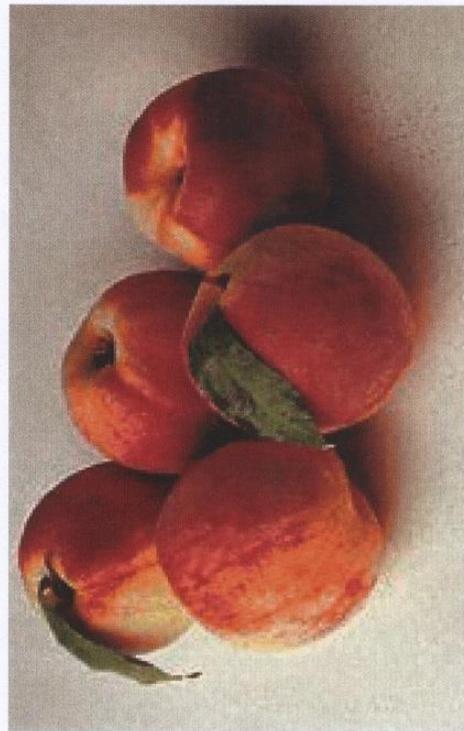


Kokosnuß

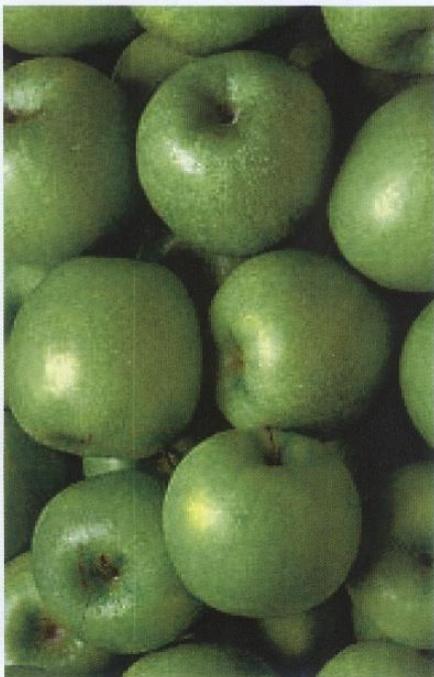
Identifikationsaufgabe Apfel



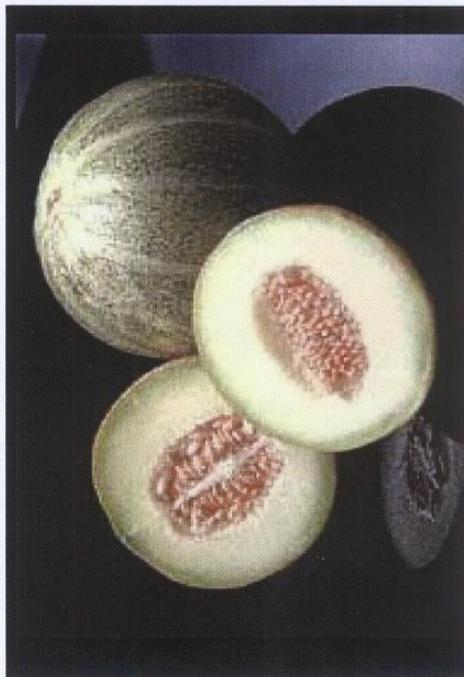
Orange



Pfirsich

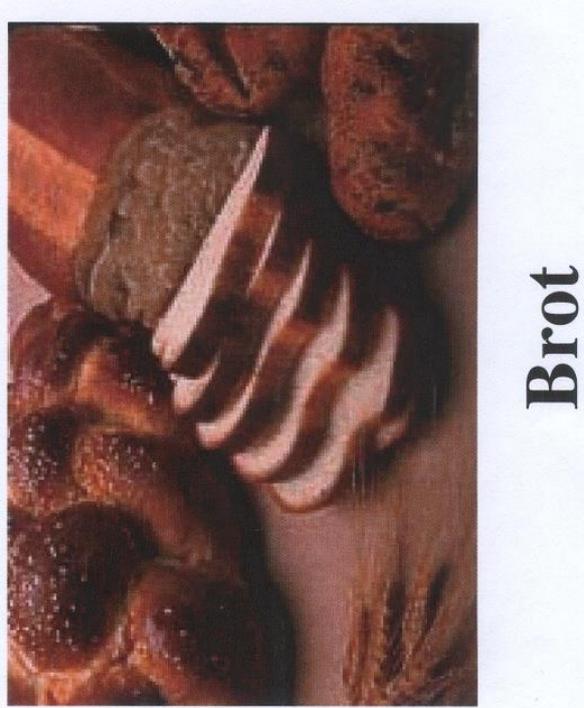
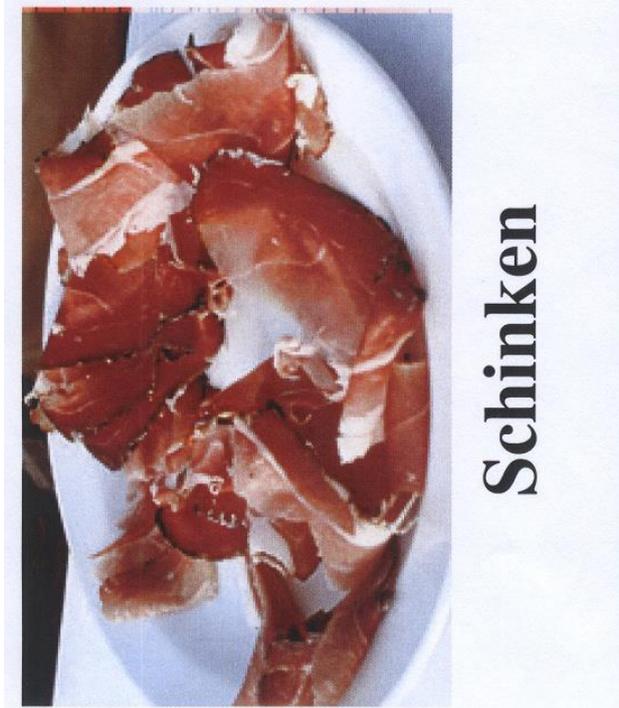
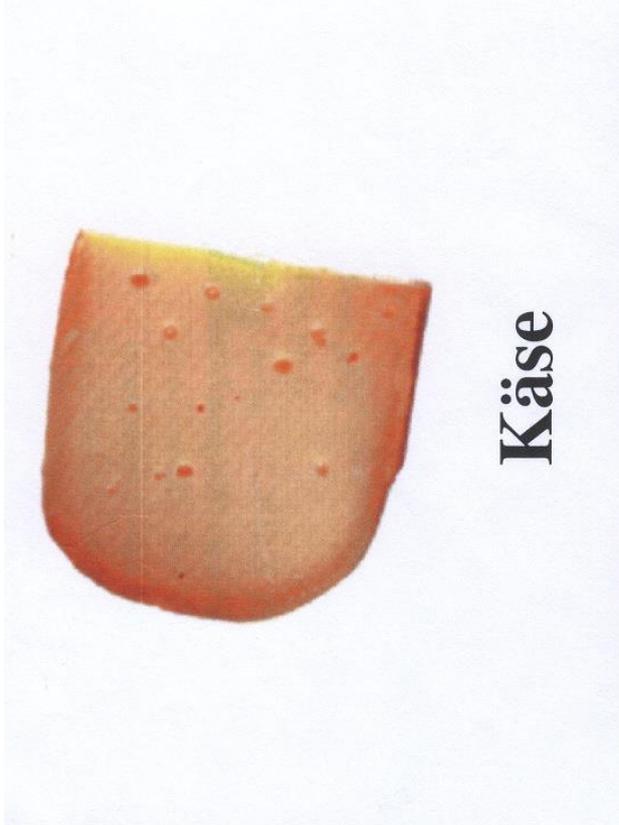


Apfel

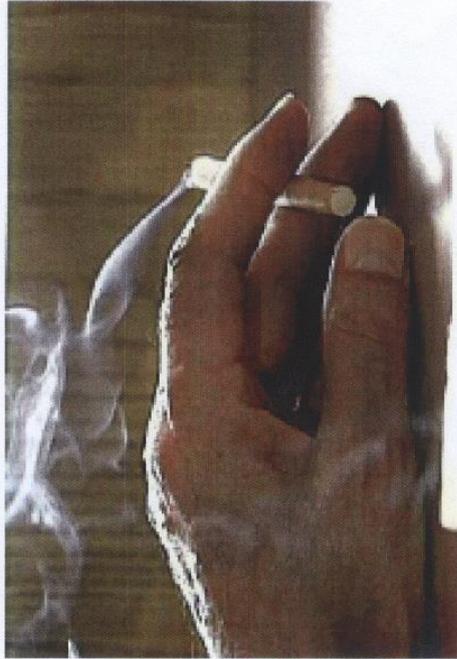


Melone

Identifikationsaufgabe Fisch



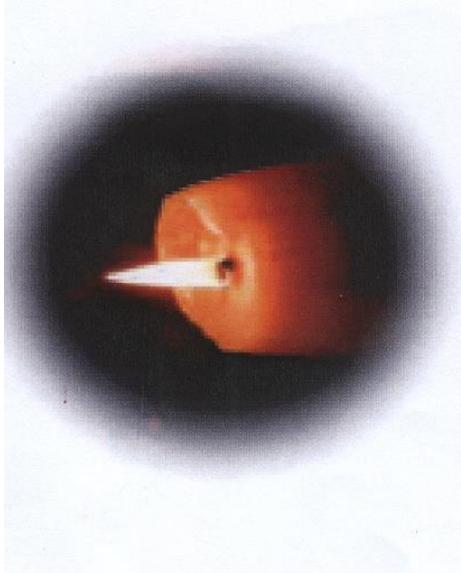
Identifikationsaufgabe Kaffee



Zigarette



Kaffee

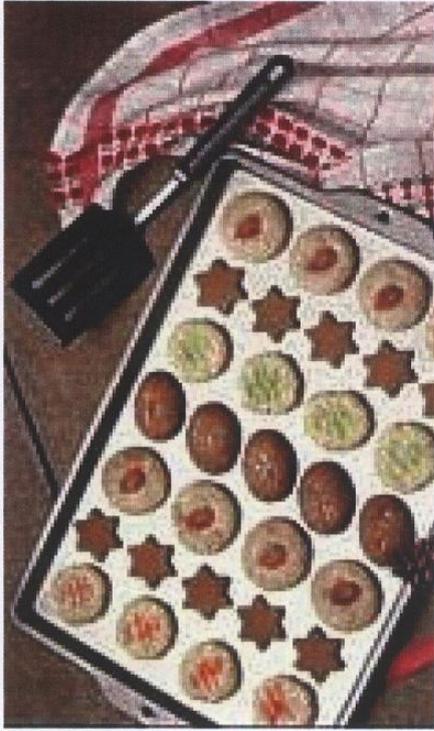


Kerzenrauch



Wein

Identifikationsaufgabe Lakritz



Kekse



Gummibär



Kaugummi



Lakritz

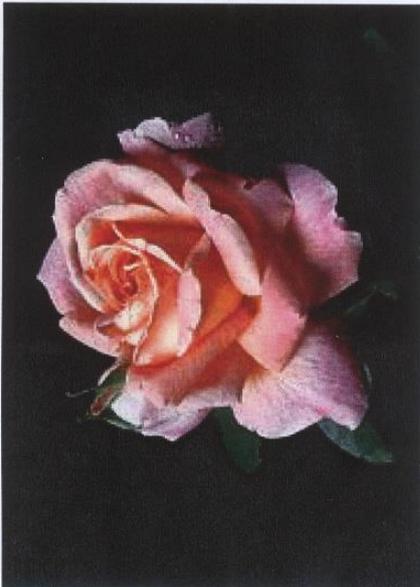
Identifikationsaufgabe Rose



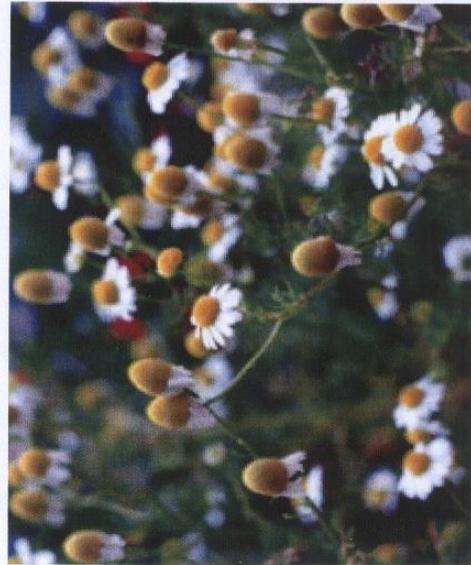
Himbeere



Kirsche



Rose



Kamille

Dank

Mein herzlicher Dank gilt allen, die diese Arbeit ermöglicht und über einen langen Zeitraum unterstützt haben.

Zunächst möchte ich mich bei den Probanden bedanken, die durch ihre Teilnahme das Gelingen der Studie erst möglich gemacht haben.

Herrn Professor Dr. Ernst Pöppel danke ich für die Vergabe des Themas, die äußerst freundliche Zusammenarbeit und für seine langjährige Geduld.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Matthias Laska für seine umfassende und langjährige Betreuung. Seine Anregungen, Ratschläge und kritische Durchsicht der Arbeit trugen zusammen mit seiner großen Geduld maßgeblich zum Gelingen der Arbeit bei. Herr Laska stand jederzeit als Ansprechpartner zur Verfügung und ermöglichte damit die Fertigstellung der Arbeit.

Bedanken möchte ich mich auch bei Dr. Fabienne Hübener, die die Entwicklung des Testdesigns, die Testdurchführung und die Anfangsphase der Arbeit mitbetreut hat. Außerdem möchte ich der gesamten olfaktorischen Arbeitsgruppe des Instituts für Medizinische Psychologie der LMU danken.

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Dipl. Physiker Jürgen Mitternacht für seine grenzenlose Hilfsbereitschaft bei der statistischen Bearbeitung und Wiedergabe der Daten. Er stand mir stets mit seiner offenen Denkweise zur Seite und trägt somit am Gelingen der Dissertation einen wesentlichen Anteil.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie und Freunden bedanken, die mich auch in schwierigen Situationen geduldig unterstützt haben.

Eidesstattliche Versicherung

Schumacher, Heidi Änni

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

„Münchner Geruchstest

Entwicklung und Anwendung eines Geruchstests für Kinder und Jugendliche“

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin