

Aus der

Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie Tübingen  
Abteilung Allgemeine Psychiatrie und Psychotherapie mit  
Poliklinik

**Auswirkungen von Androstadienon auf das menschliche  
Verhalten**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Zahnheilkunde**

**der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität  
zu Tübingen**

**vorgelegt von**

**Auer, Julia Anna**

**2021**

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatterin: Professorin Dr. B. Derntl

2. Berichterstatter: Professor Dr. S. Hage

Tag der Disputation: 15.09.2021

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	5
Abkürzungsverzeichnis .....	7
I. Allgemeine Einleitung .....	8
II. Systematisches Review .....	8
1. Einleitung.....	8
1.1. Hintergrund und Rationale .....	8
1.2. Ziele .....	12
2. Material und Methoden .....	12
2.1. Auswahlkriterien.....	13
2.2. Informationsquellen.....	13
2.3. Suche.....	13
2.4. Auswahl der Studien .....	15
2.5. Prozess der Datengewinnung .....	15
2.6. Datendetails .....	15
3. Ergebnisse.....	16
3.1. Auswahl der Studien .....	16
3.2. Studienmerkmale .....	19
3.2.1. Probandenkollektiv der AND-Studien .....	19
3.2.2. Verwendete Geruchsstoffe in den AND-Studien.....	24
3.3. Ergebnisse der einzelnen Verhaltensstudien .....	25
3.3.1. Auswirkungen auf soziales Verhalten .....	25
3.3.2. Auswirkung auf die emotionale Reizverarbeitung/ Emotionsbewertung .....	27
3.3.3. Auswirkungen auf Attraktivitätsbewertungen und Partnerwahl .....	29

3.3.4	Auswirkungen auf die Wachsamkeit und Gedächtnisleistung.....	32
4.	Diskussion .....	34
III.	Verhaltensstudie.....	54
1.	Einleitung.....	54
2.	Material und Methoden .....	56
2.1.	Versuchspersonen .....	56
2.2.	Gerüche .....	57
2.3.	Versuchsablauf .....	58
2.4.	Verhaltensaufgaben .....	59
2.4.1.	Emotionale Dotprobe Aufgabe (eDOT).....	60
2.4.2.	Emotionaler Stroop Test (eStroop) .....	61
2.5.	Olfaktorische Tests.....	63
2.5.1.	Schwellentest.....	63
2.5.2.	Diskriminationstest.....	63
2.5.3.	Identifikationstest .....	64
2.6.	Neuropsychologische Tests .....	64
2.7.	Statistische Auswertung .....	65
2.7.1.	Datenverarbeitung .....	65
2.7.2.	Statistische Analysen.....	65
2.7.2.1.	Statistische Analysen des eDOT .....	66
2.7.2.2.	Statistische Analysen des eStroops .....	67
3.	Ergebnisse.....	67
3.1.	Geruchsbewertung.....	67
3.2.	Einfluss der Annehmlichkeit auf die Leistung im eDOT.....	70
3.3.	Einfluss der Annehmlichkeit auf die Leistung im eStroop.....	75

4. Diskussion .....	77
IV. Zusammenfassung .....	83
V. Literaturverzeichnis .....	84
VI. Anhang.....	93
1. Probandenmerkmale in der AND-Forschung .....	93
2. PICO - Tabellen der AND–Verhaltensstudien.....	100
3. Erklärung zum Eigenanteil.....	109

## **Abbildungs- und Tabellenverzeichnis**

Abbildung 1: Mutmaßliche menschliche Pheromone: Androstenon, Androstenol, Androstadienon und Estratetraenol (adaptiert nach Verhaeghe et al., 2013) ...	11
Abbildung 2: Das PRISMA Flussdiagramm spiegelt den Prozess der Titelauswahl wider.....	17
Abbildung 3: Geschlechterverteilung in den 42 Studien, die in das systematische Review eingeschlossen wurden.....	20
Abbildung 4: Information zur psychischen Gesundheit der Teilnehmenden der eingeschlossenen 42 Studien.....	21
Abbildung 5: Publierte Angaben zur Normosmie der ProbandInnen und wie oft diese in den hier eingeschlossenen 42 Studien durch einen Identifikationstest, Schwellentest oder Diskriminationstest überprüft wurde .....	22
Abbildung 6: Anzahl der Studien, welche die sexuelle Orientierung ihrer ProbandInnen publizierten.....	23
Abbildung 7: Anzahl der Studien, die das Rauchverhalten ihrer ProbandInnen veröffentlicht haben .....	23
Abbildung 8: Zusammensetzung der Versuchsverbindungen in den hier eingeschlossenen 42 Studien.....	24

Abbildung 9: Versuchsablauf: die Zeitangaben geben die jeweilige Dauer der Abschnitte an.....	59
Abbildung 10: Ablauf der Durchgänge beim eDOT (oben) und des eStroops (unten) (adaptiert nach Hornung et al., 2017).....	62
Abbildung 11: Bewertung der AND- Lösung bezüglich Annehmlichkeit für die beiden Geschlechter .....	69
Abbildung 12 Bewertung der Kontrolllösung bezüglich Annehmlichkeit für die beiden Geschlechter .....	69
Tabelle 1: Vollständige elektronische Suchstrategie für alle genutzten Datenbanken .....	14
Tabelle 2: Begründung für Ausschluss von Studien aufgrund der eingeschlossenen ProbandInnen .....	18
Tabelle 3: Auswirkungen von AND auf die Attraktivitätsbewertung und Wahrnehmung der Maskulinität von verschiedenen Probandengruppen von verschiedenen zu bewertenden Stimuli.....	32
Tabelle 4: Anzahl der Männer und Frauen, die jeweils in die Gruppen „AND unangenehm“ und „AND angenehm“ eingeteilt wurden, deren Ergebnisse im eDOT in die finalen Analysen eingeschlossen wurden.....	67
Tabelle 5: Anzahl der Männer und Frauen, die jeweils in die Gruppen „AND unangenehm“ und „AND angenehm“ eingeteilt wurden, deren Ergebnisse im eStroop in die finalen Analysen eingeschlossen wurden.....	68
Tabelle 6: p-Werte für die Unterschiede in der Fehleranzahl zwischen den Emotionen, getrennt nach kongruenten und inkongruenten Durchgängen und Geschlecht .....	77
Tabelle 7: Probandenmerkmale der AND–Studien, welche in dieses systematische Literaturreview eingeschlossen werden konnten .....	93
Tabelle 8: PICO – Tabelle der AND-Verhaltensstudien, welche die Auswirkungen auf das soziale Verhalten untersuchten .....	100

Tabelle 9: PICO – Tabelle der AND-Verhaltensstudien, welche die emotionale Reizverarbeitung und Emotionsbewertung untersuchten ..... 101

Tabelle 10: PICO – Tabelle der AND-Verhaltensstudien, welche die Auswirkungen Attraktivitätsbewertungen und Partnerwahl untersuchten ..... 105

Tabelle 11: PICO – Tabelle der AND-Verhaltensstudien, welche die Auswirkungen auf die Gedächtnisleistung und Wachsamkeit untersuchten... 107

## Abkürzungsverzeichnis

µl	Mikroliter
µM	Mikromol
AND	Androstadienon
BDI	Beck-Depressions-Inventar
BI	Bias Index
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
DI	Disengagement Index
eDOT	emotionale Dotprobe Aufgabe
EST	Estratetraenol
eStroop	emotionaler Stroop Test
fMRT	funktionelle Magnetresonanztomografie
inkl.	inklusive
mg	Milligramm
ml	Milliliter
mM	Millimol
ms	Millisekunden
nmol	Nanomol
OC	orale Kontrazeptiva
OI	Orienting Index
PICO	participants, interventions, comparators, outcomes
PLW	dynamic point-light walker
RZ	Reaktionszeit/Reaktionszeiten
SKID	strukturiertes klinisches Interview
v.a.	vor allem
vol.-%	Volumenprozent
VNO	Vomeronasales Organ
vs	versus
Zsf	Zusammenfassung

## **I. Allgemeine Einleitung**

Die hier vorliegende Dissertation ist in zwei Teile gegliedert. Beim ersten Abschnitt handelt es sich um ein systematisches Review, um den aktuellen Stand der Wissenschaft darzustellen und die auf den ersten Blick inhomogene Studienlage zu Androstadienon (AND) zu strukturieren. Außerdem soll die Übersicht dazu beitragen, herauszufinden, ob und wie AND unter besonderen Voraussetzungen wirkt. Der zweite Teil der Arbeit bezieht sich auf eine experimentelle Studie. Dabei soll die Frage geklärt werden, ob die subjektive Einschätzung von AND (angenehm vs. unangenehm) einen Effekt auf die Wirkung von AND auf emotionale Aufmerksamkeitsparameter zeigt.

## **II. Systematisches Review**

### **1. Einleitung**

#### **1.1. Hintergrund und Rationale**

Der Begriff Pheromon wurde 1959 von Peter Karlson und Martin Lüscher geprägt. Pheromone dienen der nonverbalen Kommunikation innerhalb einer Spezies. Sie werden von einem Individuum nach außen sekretiert und von einem zweiten Individuum derselben Spezies aufgenommen und lösen in diesem eine bestimmte Reaktion oder eine spezifische Entwicklung aus (Karlson & Lüscher, 1959).

In der Tierwelt findet man zahlreiche Beispiele für solch eine chemische Kommunikation (Wyatt, 2015a). Auch bei Säugetieren wurde dies untersucht und es wurde unter anderem festgestellt, dass solch ein chemischer Botenstoff in der Kaninchenmilch das Saugverhalten der neugeborenen Kaninchen anregt (Schaal et al., 2003). Bei Braunratten und Hausmäusen konnte gezeigt werden, dass sie mit Pheromonen in ihrem Urin potenzielle Partner anziehen können (Takacs et al., 2017).

Bereits seit Jahrzehnten erwägen Wissenschaftler die Möglichkeit, dass auch wir Menschen über aktive Pheromone verfügen. So bemerkte McClintock schon 1971 eine Synchronisation der Menstruationszyklen von Mitbewohnerinnen, die in einem Wohnheim zusammenlebten und viel Zeit miteinander verbrachten



(McClintock, 1971). Darüber hinaus wurde festgestellt, dass geruchslose Verbindungen aus Achselhöhlen von Frauen, die sich in der späten Follikelphase befanden, bei anderen Frauen den präovulatorischen Anstieg des luteinisierenden Hormons beschleunigten und zu einem verkürzten Menstruationszyklus führten. Wurden die Verbindungen derselben Frauen erst während ihres Eisprunges gewonnen, so bewirken diese Verbindungen bei den anderen Frauen einen verzögerten Anstieg des luteinisierenden Hormons und verlängerten ihren Menstruationszyklus. Diesen von den Probandinnen weder wahrnehmbaren, geschweige denn beeinflussbaren Mechanismus nahmen McClintock und Stern als Beweis für menschliche Pheromone (Stern & McClintock, 1998). Doch daran wurde auch viel Kritik geübt (Strassmann, 1999), denn die geringe Anzahl an Probandinnen könnte dazu geführt haben, dass das Gesamtergebnis nur von ein oder zwei Frauen verursacht wurde. Außerdem wurden methodische Fehler gefunden (Wilson, 1992) und die Ergebnisse konnten durch weitere Studien nicht bestätigt werden (Trevathan et al., 1993). Dies ist beispielhaft für die Forschung zu menschlichen Pheromonen und hier besonders der Gruppe der Androgenderivate: kleine Stichprobengrößen, Überschätzung der Effektgröße, eine positive Publikationsverzerrung und fehlende Replikation (Wyatt, 2015b).

Neben diesen Beobachtungen von McClintock und Stern gibt es jedoch weitere Studien, die eine chemosensorische Kommunikation nahelegen, indem sie den wohl wichtigsten menschlichen Träger von potenziellen Chemosignalen, den Schweiß, verwendeten. So konnte gezeigt werden, dass männlicher Angstschweiß die Zustandsangst von Frauen erhöhte (Albrecht et al., 2011). Außerdem wurde beobachtet, dass Angstkörpergeruch von Männern bei Frauen einen ängstlichen Gesichtsausdruck verursachte (de Groot et al., 2012). Zusätzlich konnte in derselben Studie beobachtet werden, dass Körpergeruch, der bei Männern gesammelt wurde, während sie ekelerregende Videos schauten, eher einen angewiderten als einen angsterfüllten Gesichtsausdruck bei Frauen erzeugte (de Groot et al., 2012). Darüber hinaus benötigten sowohl Männer als auch Frauen mehr Zeit die Druckfarbe von angstbezogenen Wörtern in einem

emotionalen Stroop Test zu nennen, wenn sie männlichem Aggressionsschweiß ausgesetzt waren (Mutic et al., 2016).

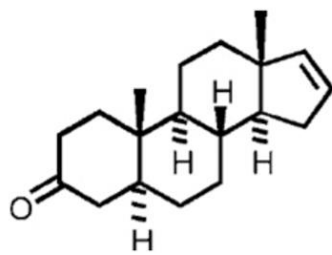
Auch aus evolutionären Gründen besteht die Hypothese, dass wir über menschliche Pheromone verfügen, da wir Säugetiere sind. Dennoch ist es möglich, dass wir im Laufe der evolutionären Zeit aufgrund mangelnden Selektionsdrucks die Reaktionen auf diese verloren haben (Wyatt, 2015b). Auch die Fortentwicklung der Sprache mag die Bedeutung möglicher Pheromone beim Menschen mehr und mehr in den Hintergrund gerückt haben.

Pheromone können in jeglichem Körpersekret wie Urin, Sperma, Vaginalsekret, Muttermilch, möglicherweise auch in Speichel und Atem vorkommen (Verhaeghe et al., 2013). Allerdings wurde bisher, neben vaginalen aliphatischen Säuren und Stimulatoren des Vomeronasalorgans, der Fokus auf den axillären Schweiß beziehungsweise auf die axillären Steroide gerichtet (Hays, 2003; Verhaeghe et al., 2013). Die großen axillären Duftdrüsen, die man beim Menschen findet, scheinen gut für die Produktion von Pheromonen geeignet zu sein, da sie erst in der Pubertät aktiv werden und es wesentliche Unterschiede zwischen Männern und Frauen in der Struktur und Flora der axillaren Duftdrüsen gibt (Brody, 1975). Außerdem besitzt der Mensch große Achselorgane mit einer für Säugetierdrüsen typischen Anatomie, was, wie auch die vorgenannten Punkte, die Hypothese stützt, dass diese bei der (sexuellen) Kommunikation beim Menschen eine Rolle spielen (Hays, 2003).

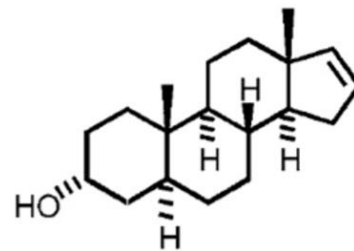
Im menschlichen Schweiß wurden zehn Steroide nachgewiesen (Labows, 1988), von denen Androstenon ( $5\alpha$ -Androst-16-en-3-on) (Filsinger & Monte, 1986), Androstenol ( $5\alpha$ -androst-16-en-3 $\alpha$ -ol) (Cowley et al., 1977), und Androstadienon (androsta-4,16-dien-3-on, AND) (Monti-Bloch & Grosser, 1991) als mutmaßliche menschliche Pheromone bezeichnet werden (Hays, 2003; Verhaeghe et al., 2013; Wyatt, 2015b; Wysocki & Preti, 2004). Neben diesen Steroidmolekülen wird auch Estratetraenol (EST) (Monti-Bloch & Grosser, 1991; Verhaeghe et al., 2013; Wyatt, 2015b) als mutmaßliches menschliches Pheromon beschrieben, welches im Urin von Schwangeren (Thyssen et al., 1968) nachgewiesen werden konnte, jedoch womöglich auch im menschlichen Schweiß vorkommt (Verhaeghe et al., 2013). Die Strukturformeln der vier „wichtigsten“ (Verhaeghe et al., 2013)

mutmaßlichen menschlichen Pheromone AND, EST, Androstenol und Androstenon sind in Abbildung 1 dargestellt.

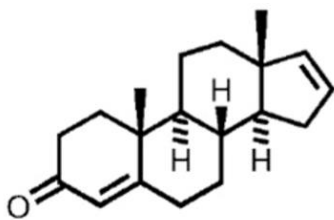
Von diesen Steroiden scheint AND die stärkste Wirkung auf beide Geschlechter zu haben (Verhaeghe et al., 2013). Allerdings zeichnen sich die Forschung, Ergebnisse und die daraus gezogenen Schlüsse zu AND durch Inhomogenität aus. Die hier vorliegende systematische Übersichtsarbeit soll dazu beitragen, die Ergebnisse dieser Studien zu strukturieren und Ähnlichkeiten wie auch Differenzen hervorzuheben. Außerdem soll hier versucht werden, die Frage zu beantworten, ob AND nicht nur nach außen sekretiert wird (Brooksbank et al., 1969; Gower et al., 1994; Kwan et al., 1992; Labows, 1988; Mallet et al., 1988; Nixon et al., 1988), sondern auch bestimmte Reaktionen bezüglich des Verhaltens bei anderen Menschen, konsistent hervorrufen kann.



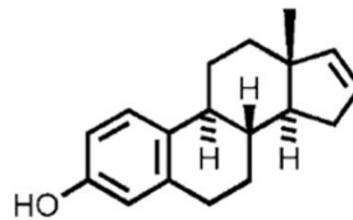
Androstenon  
5 $\alpha$ -Androst-16-en-3-on



Androstenol  
5 $\alpha$ -Androst-16-en-3 $\alpha$ -ol



Androstadienon  
Androsta-4,16-dien-3-on



Estratetraenol  
Estra-1,3,5 (10), 16-tetraen-3-ol

Abbildung 1: Mutmaßliche menschliche Pheromone: Androstenon, Androstenol, Androstadienon und Estratetraenol (adaptiert nach Verhaeghe et al., 2013)

## 1.2. Ziele

In diesem systematischen Review wird ein Augenmerk darauf gelegt, welche Ein- und Ausschlusskriterien die verschiedenen Studien, die AND an gesunden, heterosexuellen und wenn dann nur gelegentlich rauchenden Menschen untersuchten, anwandten. Zudem wird aufgeführt, ob diese Einbeziehungsweise Ausschlusskriterien untersucht wurden, oder ob diese anhand von Selbstauskunft der teilgenommenen ProbandInnen in Erfahrung gebracht wurden.

Außerdem werden von den vorliegenden Verhaltensstudien und Studien, die unter anderem das Verhalten untersuchten, die Studienergebnisse zusammengetragen und die dafür verwendeten Methoden angegeben. Zusätzlich wird darauf geachtet, wie AND den ProbandInnen präsentiert wurde und welche Konzentration und Zusammensetzung mit möglichen Deckstoffen wie Nelkenöl oder Moschusöl verwendet wurde. Darüber hinaus wird auch angegeben in welchem Kontext die Studien stattfanden und welches Geschlecht jeweils die versuchsleitende Person hatte.

Dadurch soll einerseits ein Überblick geschaffen, aber auch die Frage beantwortet werden, ob und wenn ja welche Auswirkung AND auf das Verhalten des Menschen hat und welche weiteren Einflussfaktoren dafür verantwortlich sein könnten. Durch Betrachtung und Beantwortung dieser Fragen kann somit bei weiteren Studien darauf geachtet werden, wie mit bisher möglicherweise unbeachteten Einflussfaktoren umgegangen werden kann.

## 2. Material und Methoden

Zur Anfertigung des systematischen Reviews wurde für die Übersicht der Auswahl der Studien das Flussdiagramm von PRISMA (Preferred Reporting Items of Systematic Reviews and Meta-Analyses) Statement verwendet. Auch die Gliederung basiert auf der Checkliste und die dazugehörigen Erläuterungen von PRISMA Statement (Liberati et al., 2009; Moher et al., 2009)

## **2.1. Auswahlkriterien**

In das systematische Review wurden Studien inkludiert, deren TeilnehmerInnen zum Zeitpunkt der Durchführung der jeweiligen Studien keine respiratorischen, psychischen und physischen Erkrankungen hatten oder gehabt haben sowie heterosexuell waren und höchstens fünf Zigaretten in der Woche konsumierten. Außerdem wurden nur Studien berücksichtigt, bei denen die Studienteilnehmenden über einen normalen Geruchssinn verfügten und bereits volljährig waren, aber das 60. Lebensjahr nicht überschritten hatten. Somit soll hier auch nicht auf den Einfluss von AND auf Menschen mit bestimmten Krankheitsbildern wie Anosmie oder Sozialer Phobie eingegangen werden. Darüber hinaus werden nur Studien berücksichtigt, die den Teilnehmenden AND präsentierten und die Publikationen darüber entweder auf Deutsch oder Englisch verfasst wurden.

## **2.2. Informationsquellen**

Am 29.10.2019 wurden die Datenbanken PubMed, MedLine und LIVIVO durchsucht. Außerdem wurden die beiden Datenbanken PsycINFO und PSYINDEX: Literature and Audiovisual Media with PSYINDEX Tests via EBSCOhost gleichzeitig durchsucht, wobei exakte Duplikate automatisch aus der Ergebnisliste entfernt wurden. Ferner wurden alle verfügbaren Datenbanken über Web of Science durchsucht, dementsprechend WOS, BCI, BIOSIS, CCC, DRCI, DIIDW, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO, ZOOREC.

## **2.3. Suche**

Alle oben genannten Datenbanken wurden am 29.10.2019 mit denselben Suchbegriffen durchsucht. Bei der Datenbankrecherche wurden keine Limitierungen gewählt. Die Datenbanken PsycINFO und PSYINDEX wurden via EBSCOhost gleichzeitig durchsucht, wobei exakte Duplikate automatisch aus der Ergebnisliste entfernt wurden. Das gleiche gilt für die Suche über Web of Science, da dort alle verfügbaren Datenbanken für die Literaturrecherche ausgewählt wurden. Im Einzelnen sind diese unter dem Abschnitt 2.2 Informationsquellen aufgelistet.

Insgesamt wurden über diese Datenbankrecherche 1252 Titel gefunden. Wie viele Treffer bei welcher Suche in den entsprechenden Datenbanken erzielt werden konnten, spiegelt Tabelle 1 wider.

*Tabelle 1: Vollständige elektronische Suchstrategie für alle genutzten Datenbanken  
Sowohl „AND“ als auch „UND“ wurden hier als Boolesche Operatoren verwendet*

Datenbanken Suchbegriffe	PubMed	MedLine	PsycINFO, PSYINDEX	Web of Science	LIVIVO
Androstadienone AND human	55	54	42	105	117
Androstadienone AND men	28	28	25	54	49
Androstadienone AND women	30	30	28	54	48
„4, 16-androstadien-3-one“ AND human	52	1	1	69	54
„4, 16-androstadien-3-one“ AND men	28	1	1	40	31
„4, 16-androstadien-3-one“ AND women	29	0	1	42	33
„androsta-4,16-dien-3-one“ AND human	15	15	2	30	15
„androsta-4,16-dien-3-one“ AND men	3	3	0	16	3
„androsta-4,16-dien-3-one“ AND women	0	0	0	4	0
„Androstadienon“ UND Mensch	0	0	6	0	7
„Androstadienon“ UND Männer	0	0	1	0	1
„Androstadienon“ UND Frauen	0	0	1	0	0

Beim Screening der Abstracts wurde ein weiterer Titel gefunden. Durch die Datenbankrecherche wurde die Zusammenfassung (Zsf) von Savic gefunden (Savic, 2002), welche auf die durchgeführte Studie (Savic et al., 2001) aufmerksam machte. Diese Publikation wurde als zusätzliche Quelle in das Review aufgenommen.

## **2.4. Auswahl der Studien**

Die Prüfung, ob ein gefundener Titel für dieses Review geeignet ist, oder ausgeschlossen werden musste, unterlag der Autorin.

## **2.5. Prozess der Datengewinnung**

Es wurde in Zusammenarbeit mit der Betreuerin dieser Arbeit, Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Birgit Derntl, ein Datenextraktionsblatt entwickelt. Die Daten wurden anhand diesem Datenextraktionsblatt extrahiert.

## **2.6. Datendetails**

Aus jedem vorliegenden Volltext von jeder Studie, die eingeschlossen werden konnte, wurden Alter und Geschlecht der ProbandInnen erfasst. Außerdem wurde ein besonderes Augenmerk darauf gelegt, ob die ProbandInnen vor oder zum Zeitpunkt der Studie psychische, physische oder respiratorische Erkrankungen hatten. Darüber hinaus wurden auch Informationen über die sexuelle Orientierung als auch über das Rauchverhalten der ProbandInnen gesammelt. Zusätzlich wurde erhoben, ob die ProbandInnen einen normalen Geruchssinn hatten und ob dieser überprüft wurde. Falls über diese Probandenmerkmale nichts in den veröffentlichten Arbeiten stand, wurden die Titel hier dennoch eingeschlossen. Außerdem wurden die Zusammensetzungen der AND-Lösungen und Kontrolllösungen und deren Applikationsart in den jeweiligen Studien protokolliert. Auch wurden die Ein- und Ausschlusskriterien aller Studien aufgelistet. Bei den Verhaltensstudien beziehungsweise Studien, die unter anderem die Auswirkungen von AND auf das Verhalten untersuchten, wurden zusätzlich die Methoden, der Kontext beziehungsweise die Umgebung der jeweiligen Studien notiert. Auch die berichteten Hauptergebnisse der jeweiligen Studien wurden dokumentiert.

Dadurch, dass die olfaktorische Wahrnehmung bei Frauen während des Menstruationszyklus variiert (Doty et al., 1981; Mair et al., 1978; Pause et al., 1996) und auch die Einnahme oraler Kontrazeptiva (OC) diese beeinflusst (Derntl et al., 2013), wurde auch darauf geachtet, in welcher Phase des

Menstruationszyklus die Probandinnen untersucht wurden und, ob sie OC Einnahmen, sofern dies in den einzelnen Studien angegeben wurde.

Im Laufe des Review-Prozesses wurde eine weitere Variable hinzugefügt und zwar, ob in der jeweiligen Studie alle ProbandInnen alle Geruchslösungen an unterschiedlichen Tagen präsentiert bekamen und die Studienaufgaben somit mindestens zweimal (einmal unter AND-Lösung, zum andern unter einer Kontrolllösung und gegebenenfalls noch unter einer anderen Lösung wie zum Beispiel EST) durchlaufen mussten, oder ob die ProbandInnen in so viele Gruppen, wie zu untersuchende Geruchsstoffe aufgeteilt wurden und die Studienaufgaben somit nur einmal absolvierten.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1. Auswahl der Studien**

Durch die systematische Datenbankrecherche konnten 1252 Titel und durch das Abstract-Screening zusätzlich ein weiterer Titel gefunden werden.

Nach Entfernen der Duplikate waren inklusive der zusätzlich gefundenen Quelle 187 Titel vorhanden, welche auf Eignung überprüft wurden. Durch dieses Titelscreening mussten 92 Titel ausgeschlossen werden, sodass nur noch 95 Titel in die Vorauswahl aufgenommen werden konnten. Zusätzlich wurden nach dem Lesen der Abstracts weitere Titel ausgeschlossen, sodass 51 Titel für die Beurteilung des Volltextes aufgenommen wurden. In das systematische Review wurden 33 Volltexte eingeschlossen. Die Begründungen für die jeweiligen Ausschlüsse für jede Stufe sind dem PRISMA Flussdiagramm (Abbildung 2) zu entnehmen. Detaillierte Begründungen in einigen Fällen werden in der Tabelle 2 wiedergegeben.

Zwei Titel mussten ausgeschlossen werden, da kein Volltext vorliegend war. Die Thesis von Hummer (Hummer, 2009), die in einem Verlag erschienen ist, war zum Zeitpunkt der Anfertigung dieser Dissertation vergriffen. Die Dissertation von Jacob (Jacob, 1999) wurde am 26.11.2019 durch die Universitätsbibliothek Tübingen und am 11.12.2019 durch mich über die Plattform ResearchGate angefragt. Es erfolgte keine Antwort der Autorin.



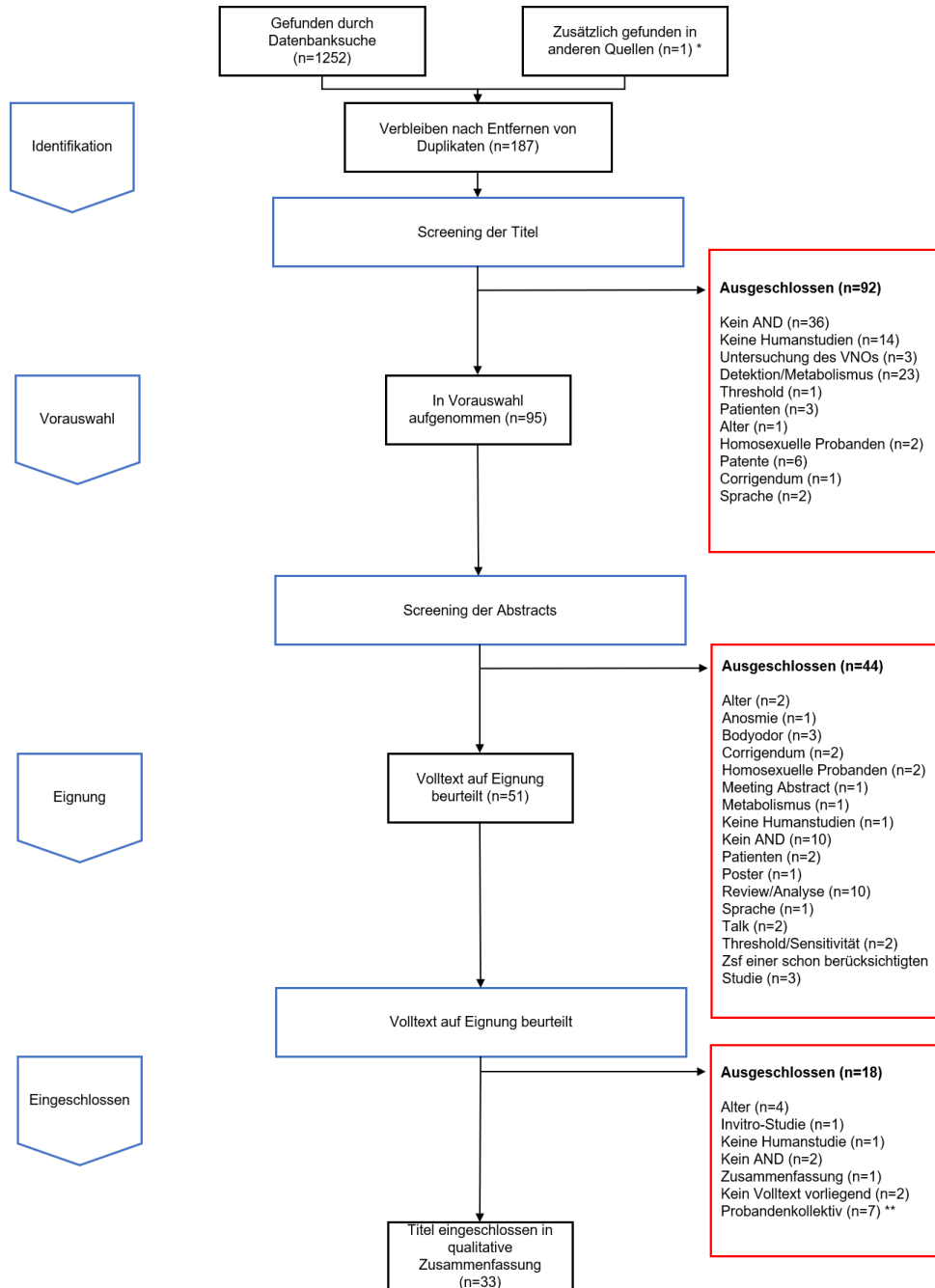


Abbildung 2: Das PRISMA Flussdiagramm spiegelt den Prozess der Titelauswahl wider

\* Bei dieser Quelle handelt es sich um (Savic et al., 2001), die aufgrund der in der Datenbankrecherche gefundenen Zusammenfassung (Savic, 2002) ermittelt werden konnte und in das Review aufgenommen wurde.

\*\* Tabelle 2: Begründung für Ausschluss von Studien aufgrund der eingeschlossenen ProbandInnen

Studie	Rauchen	Sexuelle Orientierung	Weiteres
<b>Bensafi et al., 2003</b>		Einschluss von zwei bisexuellen Frauen	
<b>Chung et al., 2016a</b>	Einschluss von Rauchern, die bis zu fünf Zigaretten pro Tag rauchten		
<b>Chung et al., 2016b</b>	Einschluss von Rauchern, die bis zu fünf Zigaretten pro Tag rauchten		
<b>Hummer &amp; McClintock, 2009</b>		Einschluss einer homosexuellen Frau und eines homosexuellen Mannes	
<b>Schultz, 2008 Studie 1</b>			Es wurde kein AND verwendet
<b>Schultz, 2008 Studie 2</b>	Einschluss von sechs Rauchern bei 15 ProbandInnen	Einschluss eines ausschließlich homosexuellen Mannes	Sehr inhomogenes Probandinnenkollektiv (n=7): Schwanger (n=1) Einnahme OC (n= 3)
<b>Schultz, 2008 Studie 3</b>	Einschluss von fünf Rauchern bei 21 ProbandInnen		
<b>Jacob et al., 2001a</b>		Einschluss einer homosexuellen Frau, zwei bisexueller Frauen und einer potentiell bisexuellen Frau	
<b>Villemure &amp; Bushnell, 2007</b>			Einschluss von ProbandInnen, die gelegentlich Marihuana konsumierten

Da sich hinter einigen Titeln auch mehrere Studien beziehungsweise Experimente verbergen, aber auch einige Studien oder Teilergebnisse von Studien in mehreren Veröffentlichungen wiederfinden, wurden in den 33 hier eingeschlossenen Titeln über 43 Studien berichtet. Allerdings wurde in (Wyart et al., 2007) angegeben, dass es neben einer Haupt- und einer Replikationsstudie auch eine nicht verwandte Sitzung mit den gleichen 27 Teilnehmerinnen aus der Replikationsstudie gab. Diese sollte allerdings an anderer Stelle beschrieben werden. Die Veröffentlichung dieser dritten Studie konnte nicht herausgefunden werden. Somit liegen diesem systematischen Review 42 Originalarbeiten zugrunde.

### 3.2 Studienmerkmale

Bei allen eingeschlossenen Studien wurden ProbandInnen in die finalen Analysen eingeschlossen, die psychisch und physisch gesund waren, keine Beeinträchtigung des Geruchssinns hatten, heterosexuell und Nicht- oder Gelegenheitsraucher ( $\leq 5$  Zigaretten / Woche) waren, oder nichts Gegenteiliges berichtet wurde. Durch Berücksichtigung aller Ein- und Ausschlusskriterien blieben nur Studien übrig, deren ProbandInnen zum Zeitpunkt der Messungen zwischen 18 und 45 Jahre alt waren. Außerdem wurde in allen Studien AND präsentiert.

Im Folgenden wird über das Probandenkollektiv und die Versuchslösungen der 42 hier eingeschlossenen Studien berichtet. Allerdings liegt der Fokus auf jenen 24 Studien, welche Verhaltenseffekte untersucht haben. Studien, welche ausschließlich die Auswirkung auf die Physiologie oder Stimmung untersuchten und keine Verhaltensdaten publizierten, wurden nicht weiter begutachtet. Somit liegen zur Untersuchung der möglichen Verhaltenseffekte unter Einfluss von AND keine Studien zu Grunde, welche sich beispielsweise mit der durch AND hervorgerufenen Aktivierung bestimmter Hirnregionen oder der Beeinflussung des Hormonhaushaltes befassten.

#### 3.2.1. Probandenkollektiv der AND-Studien

Die Abbildungen 3-7 geben jeweils den Anteil der Studien wieder, ob und wie die jeweiligen Einschlusskriterien der ProbandInnen überprüft wurden. Außerdem wird angegeben, ob bestimmte Merkmale nicht publiziert wurden.

Die Tabelle 7, welche im Anhang zu finden ist, gibt über die eingeschlossenen ProbandInnen der jeweiligen Studien genaue Informationen. Außerdem kann dieser Tabelle auch entnommen werden, ob die ProbandInnen auf psychische Erkrankungen gescreent wurden und ob ein Geruchstest durchgeführt wurde. Die Studien, welche Verhaltensdaten publizierten, sind in dieser Tabelle mit einem „V“ unterhalb der Quellenangabe gekennzeichnet. Außerdem steht in den PICO (participants, interventions, comparators, outcomes) Tabellen (Liberati et al., 2009) (Tabellen 8-11) in welcher Zyklusphase sich die Probandinnen zum

Zeitpunkt der Studiendurchführung befanden und wie dies ermittelt wurde, falls dies in den einzelnen Studien angegeben wurde.

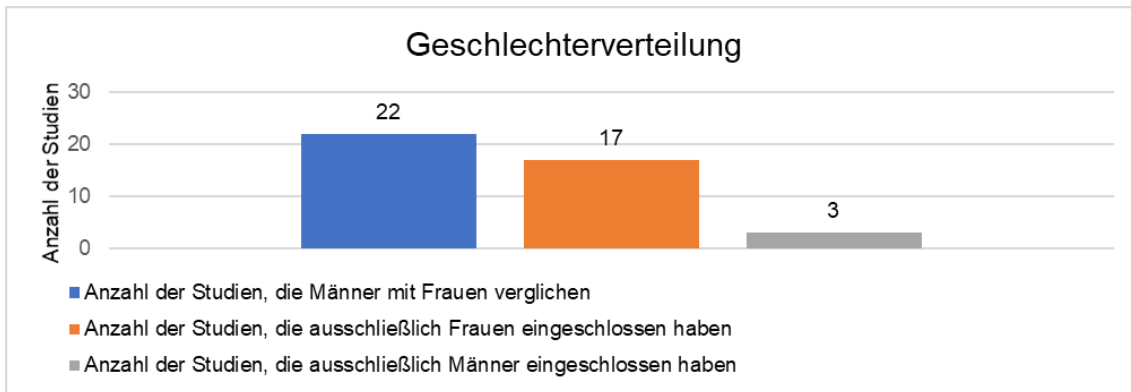


Abbildung 3: Geschlechterverteilung in den 42 Studien, die in das systematische Review eingeschlossen wurden

Weniger als 5% (2 von 42 Studien) berichteten, dass mit den ProbandInnen ein strukturiertes klinisches Interview (SKID) (Wittchen et al., 1997) und das Beck-Depressions-Inventar BDI-II (Hautzinger et al., 2006) durchgeführt wurde, um mögliche psychische Erkrankungen zu erfassen. Darüber hinaus wurde nur in wenigen Studien die psychische Gesundheit durch Selbstauskunft abgefragt. Des Weiteren wurde in anderen Publikationen nur erwähnt, dass die TeilnehmerInnen der Studie gesund waren, allerdings nicht angegeben wurde, ob die ProbandInnen psychisch gesund waren. Ähnliches muss man bei der berichteten physischen Gesundheit, insbesondere beim Ausschluss von respiratorischen Pathologien, verzeichnen.

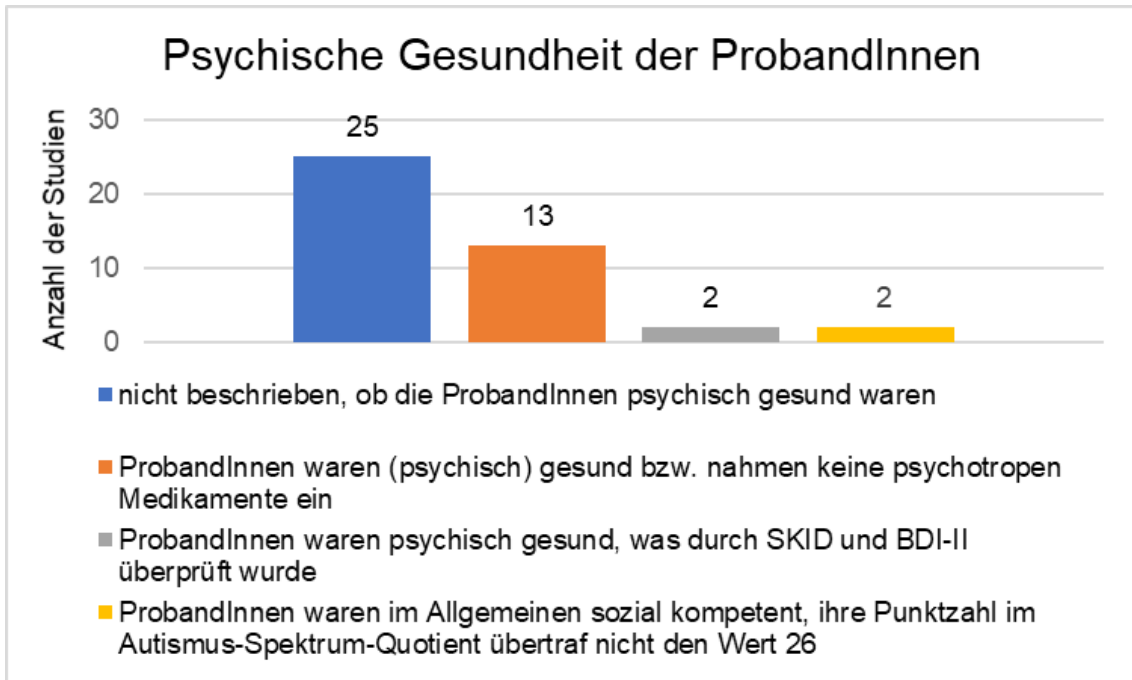


Abbildung 4: Information zur psychischen Gesundheit der Teilnehmenden der eingeschlossenen 42 Studien

Auch das Vorhandensein einer Normosmie, d.h. normalen Geruchsleistung, wurde nur selten durch Identifikationstests oder andere Möglichkeiten überprüft. In vielen Studien wurde berichtet, dass sie mit der Kontrolllösung und der Versuchslösung einen Diskriminationstest durchführten, um herauszufinden, ob die Maskierung der Versuchslösung erfolgreich war. Allerdings kann durch diese Information, dass die Maskierung der Versuchslösung meist erfolgreich war, nicht über die Geruchsleistung der ProbandInnen geurteilt werden.

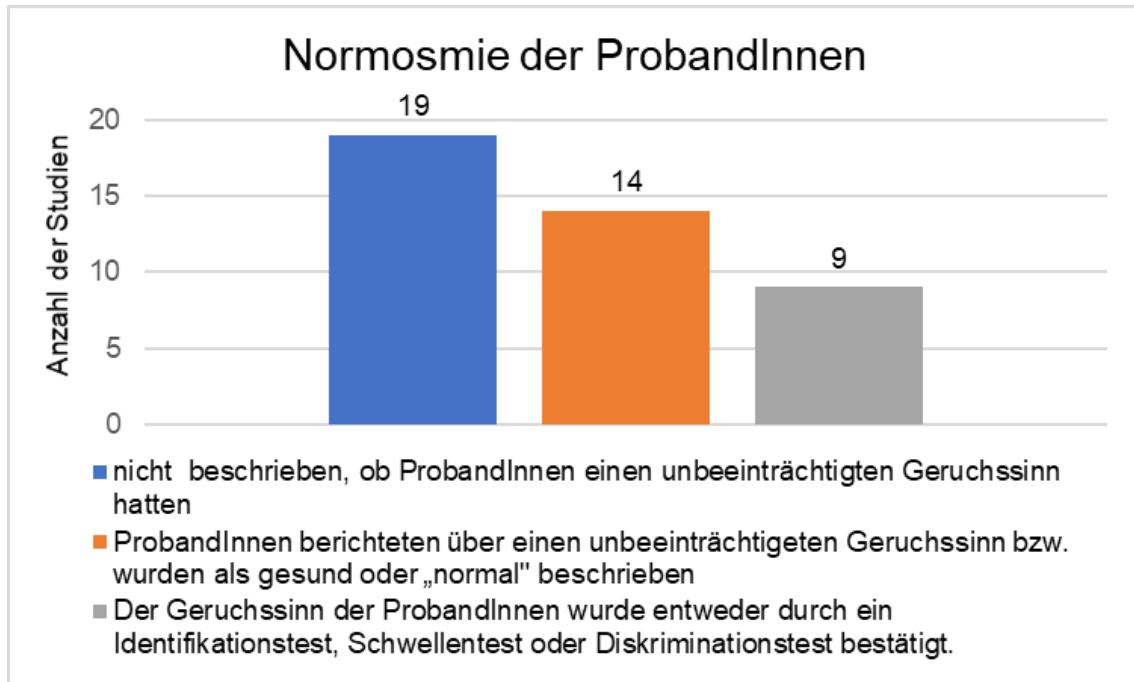


Abbildung 5: Publierte Angaben zur Normosmie der ProbandInnen und wie oft diese in den hier eingeschlossenen 42 Studien durch einen Identifikationstest, Schwellentest oder Diskriminationstest überprüft wurde

Sowohl die sexuelle Orientierung als auch das Rauchverhalten der ProbandInnen wurde in den Studien nicht immer abgefragt oder publiziert. In einer Studie wurde lediglich beschrieben, dass 40 „normale“ Frauen eingeschlossen wurden. Dies findet sich immer wieder, dass eingeschlossene ProbandInnen oft unzureichend beschrieben sind, wodurch ein Vergleich der Studienergebnisse erschwert wird.

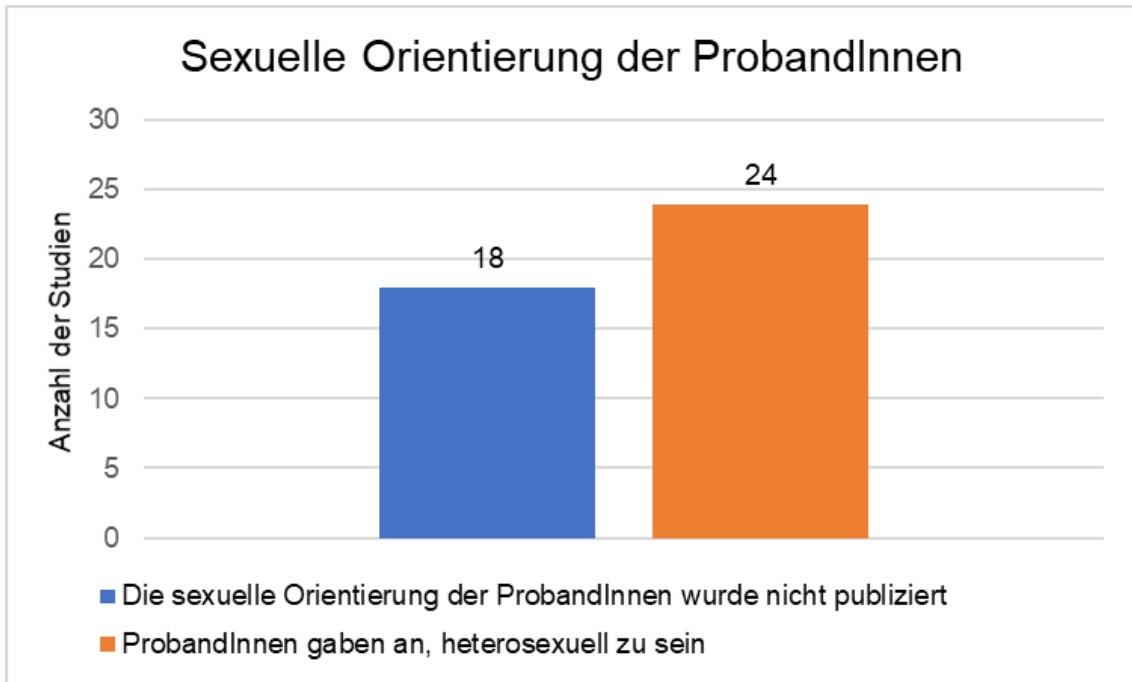


Abbildung 6: Anzahl der Studien, welche die sexuelle Orientierung ihrer ProbandInnen publizierten

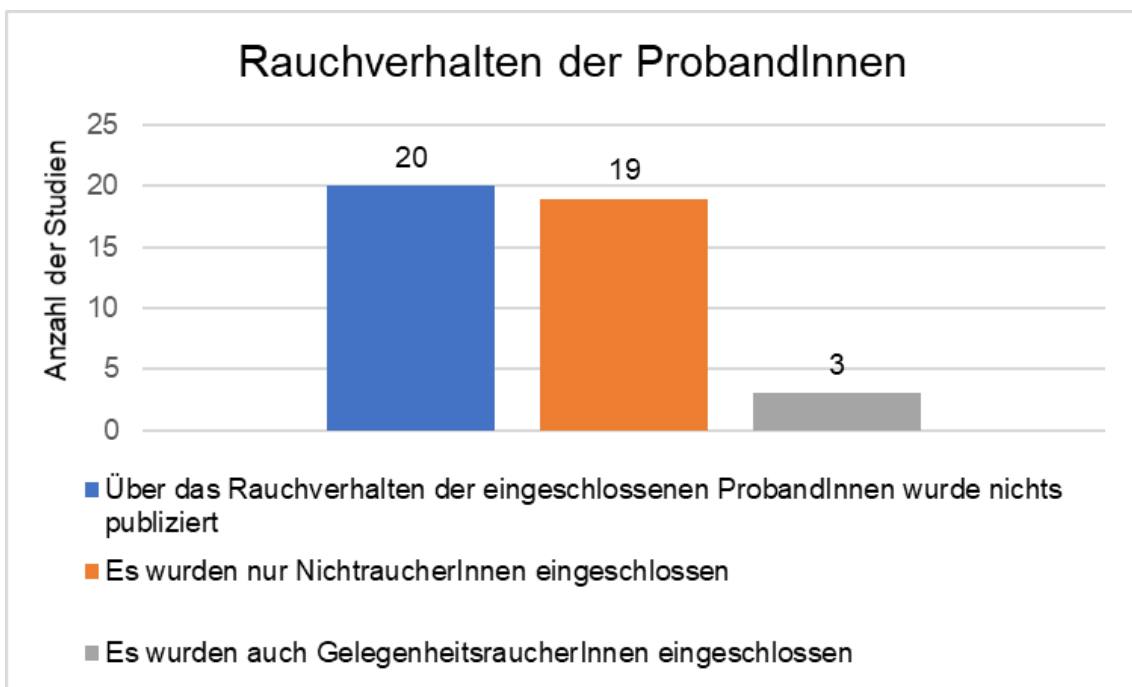


Abbildung 7: Anzahl der Studien, die das Rauchverhalten ihrer ProbandInnen veröffentlicht haben

### 3.2.2. Verwendete Geruchsstoffe in den AND-Studien

In Abbildung 8 ist dargestellt, welche Zusammensetzungen die Versuchsverbindungen hatten. Diese waren in den hier eingeschlossenen 42 AND-Studien nicht einheitlich. Nicht nur, dass fünf Studien die kristalline Form von AND verwendeten, wurden auch unterschiedliche Maskierungen und Verdünnungs- beziehungsweise Lösungsmittel genutzt. Wie man in Abbildung 8 erkennen kann, wurde zumindest in 29 von 42 Studien (69%) Propylenglykol verwendet, um AND darin zu lösen.

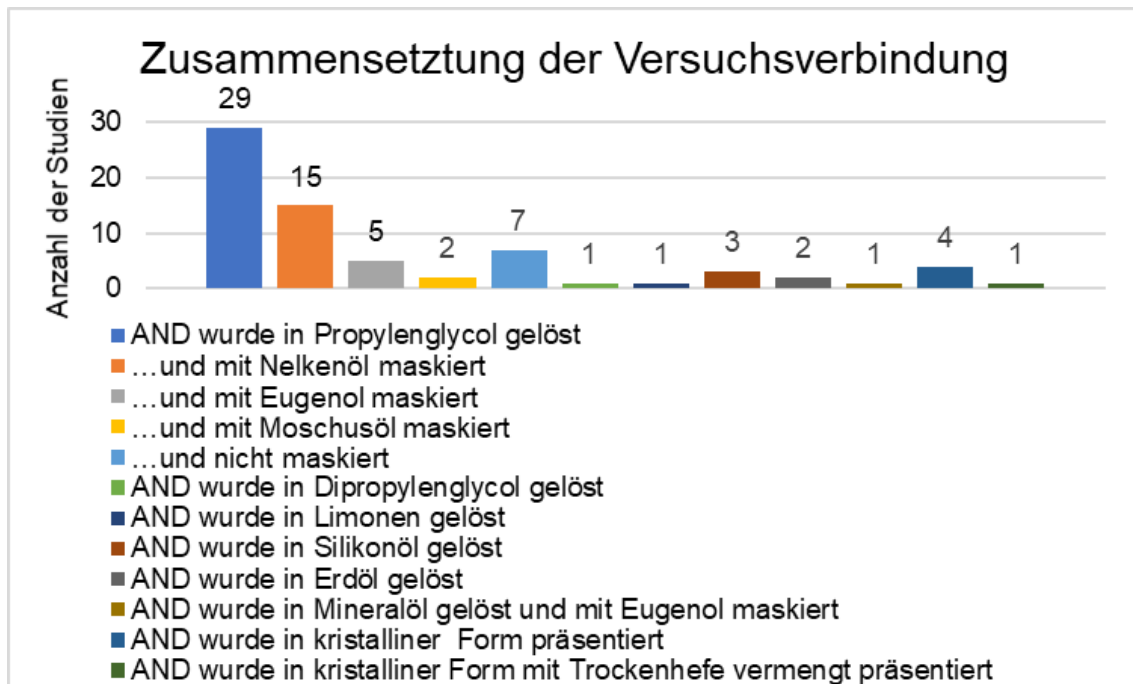


Abbildung 8: Zusammensetzung der Versuchsverbindungen in den hier eingeschlossenen 42 Studien

Jedoch wurde ebenfalls festgestellt, dass die Präsentation der Geruchsstoffe in unterschiedlicher Art und Weise erfolgte. In 13 dieser hier eingeschlossenen Studien wurde die Versuchslösung direkt auf die Haut zwischen dem Lippenrot der Oberlippe und den Nares aufgetragen. Zusätzlich wurde bei zwei weiteren Studien die Lösung auch auf den Bereich der Arteria carotis am Hals aufgetragen. Bei drei Studien wurden die Versuchslösungen auf ein Pflaster beziehungsweise ein Wattebausch pipettiert und den Versuchspersonen unter die Nase geklebt. Dabei kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Lösungen auch auf die Haut gelangen. Bei anderen Studien wurde teilweise sehr explizit darauf geachtet, dass es zu keiner transdermalen Absorption kommen konnte. In



zwei Studien wurde ein semipermeables Trägermaterial verwendet, um die Versuchslösungen darauf zu pipettieren und es unter der Nase anzubringen. Außerdem präsentierten elf Studien die Versuchsverbindung in Gläschen. Weitere sieben Studien präsentierten teilweise durch selbstgebaute Olfaktometer beziehungsweise Riechröhrchen die Versuchs- oder Kontrolllösung. Eine Studie verglich die passive Inhalation und die epidermale Applikation der Versuchslösungen, jedoch konnte keine unterschiedliche Auswirkung der Applikationsmethode festgestellt werden.

### **3.3 Ergebnisse der einzelnen Verhaltensstudien**

Von den 42 Studien deren Probandenkollektiv und Versuchsverbindungen hier beschrieben wurden, publizierten 24 Studien die Auswirkungen von AND auf das Verhalten der Versuchspersonen. Die PICO Tabellen (Tabellen 8-11) der einzelnen Studien sind im Anhang zu finden, in denen übersichtlich dargestellt ist, wie viele ProbandInnen pro Studie untersucht wurden, welche Methoden angewendet wurden, wie die Zusammensetzung der Versuchs- und Kontrolllösung war, wie diese appliziert wurden, welche Ergebnisse gezeigt werden konnten und welches Geschlecht die Versuchsleitende Person hatte.

#### **3.3.1 Auswirkungen auf soziales Verhalten**

Von den 24 Verhaltensstudien untersuchten sechs Studien unter anderem wie sich die Exposition von AND auf das soziale Verhalten auswirkte.

Wurden männliche Probanden von einem Mann gemessen und waren sie bedingt durch die Spielregeln in einer untergeordneten Position und wurden provoziert, so reagierten sie unter Einfluss von AND zwar nicht signifikant aggressiver, jedoch signifikant individualistischer. Dies ging zu Lasten des kooperativen Verhaltens, denn die Männer reagierten signifikant weniger kooperativ in der AND-Sitzung als in der Kontrollsituation (Banner et al., 2018).

Allerdings zeigten Männer in anderen monetären Spielen, dem sogenannten Diktatorspiel und dem Ultimatumspiel, ein signifikant höheres kooperatives Verhalten, wenn sie vor der Aufgabe an kristallinem AND mit 30mg Trockenhefe vermengt rochen als jene Männer, die davor nur an Trockenhefe rochen. Es

konnte gezeigt werden, dass sie signifikant großzügiger unter AND agierten als ohne, denn es konnte ein statistischer Trend verzeichnet werden, dass sie mehr Geld boten und signifikant weniger Geld im Ultimatumspiel einforderten. Außerdem gaben sie im Diktatorspiel tendenziell mehr Geld einer anonymen Person ab (Huoviala & Rantala, 2013).

Dies konnte durch eine andere Studie bestätigt werden, die ebenso ein Diktatorspiel durchführen ließ, wobei ein Bild mit neutralem Gesichtsausdruck von jener Person, die das Geld vermeintlich empfängt, zu sehen war. Sowohl Männer als auch Frauen waren unter Einfluss von AND im Diktatorspiel großzügiger und behielten weniger Geld für sich als in der Kontrollbedingung unter Einfluss von Limonen-Geruch. Wie auch in der zuvor erwähnten Studie gaben auch hier die Männer im Diktatorspiel mehr Geld ab, jedoch nicht signifikant. Der einzige signifikante Unterschied der berichtet werden konnte war, dass Frauen unter Einfluss von AND großzügiger wurden als Männer, also dass die Betragsdifferenz der Frauen zwischen Kontrolllösung und AND signifikant höher war als die der Männer (Perrotta et al., 2016).

Neben den Auswirkungen von AND auf das Kooperationsverhalten wurde auch untersucht, wie sich AND auf die Betrachtung sozialer und nicht sozialer Bilder sowie auf die Geschlechtererkennung auswirkt.

Mittels Eye-Tracking wurde untersucht, wie lange Frauen mit niedrigem Konzeptionsrisiko (1.-5. Tag und 16.-28. Tag des Zyklus), hohem Konzeptionsrisiko (6.-15. Tag des Zyklus) und Männer Bilder von verschiedenen weiblichen und männlichen Gesichtern und neutralen Gegenständen betrachten. Es wurde beobachtet, dass Frauen mit hohem Konzeptionsrisiko Frauengesichter länger betrachteten als Männer und Frauen mit niedrigem Konzeptionsrisiko. Außerdem konnte gezeigt werden, dass ausschließlich Frauen mit niedrigem Konzeptionsrisiko signifikant länger Frauengesichter betrachteten, wenn sie eine AND-Lösung unterhalb der Nase aufgetragen bekamen als jene Frauen, welche sich ebenso in einer Zyklusphase mit niedrigem Konzeptionsrisiko befanden, jedoch die Kontrolllösung einatmeten. Dieser, laut den Autoren, intrasexuelle Wettbewerb zeigt sich auch in den Attraktivitätsbewertungen der Frauen für die weiblichen Gesichter. Dabei blieben

die Frauen mit hohem Empfängnisrisiko durch AND unbeeinflusst, wobei die Frauen mit niedrigem Empfängnisrisiko, welche AND ausgesetzt waren, die Frauengesichter als weniger attraktiv bewerteten als jene Frauen mit niedrigem Empfängnisrisiko, die der Kontrolllösung ausgesetzt waren (Parma et al., 2012). Hingegen blieben Frauen, welche seit mindestens sechs Monaten hormonelle Kontrazeptiva verwendeten durch AND unbeeinflusst, wenn sie Bilder von heterosexuellen Paaren, Bilder mit einer oder mehreren Personen oder Bilder ohne Personen, wie Blumen, ein Buch oder Müll mit jeweils positiver, neutraler oder negativer Valenz bezüglich Valenz und Erregung bewerten sollten (Frey, 2012).

Weder Männer noch Frauen zeigten eine veränderte Geschlechterwahrnehmung von geschlechterneutralen Gesichtsstimuli, welche durch Morphing männlicher und weiblicher Gesichter erzeugt wurden, unter AND (Hare et al., 2017).

### **3.3.2 Auswirkung auf die emotionale Reizverarbeitung/ Emotionsbewertung**

Sieben Studien beschäftigten sich mit der Auswirkung von AND auf die emotionale Reizverarbeitung beziehungsweise Emotionsbewertung.

Bei einer lexikalischen Entscheidungsaufgabe wurden Wörter präsentiert, wobei es sich entweder um emotional positive, neutrale, emotional wettbewerbsbezogene oder um Nicht-Wörter handelte. Die ProbandInnen sollten so schnell und richtig wie möglich entscheiden, ob es sich um ein existierendes Wort handelte oder nicht. Dabei hatte AND weder bei Männern noch bei Frauen signifikante Auswirkungen auf die Reaktionszeit (RZ) oder Fehlerquote. Dies war davon unabhängig, welche Valenz das Wort hatte oder ob es ein Nicht-Wort war (d'Ettorre et al., 2018).

Wurde allerdings der emotionale Reiz über so genannte „dynamic point-light walker“ (PLW) präsentiert und die ProbandInnen gebeten anzugeben, ob sich dieser fröhlich oder traurig beziehungsweise entspannt oder nervös bewegte, so hatte AND unterschiedliche Wirkungen auf die Geschlechter. Es wurden sieben verschiedene PLWs verwendet, die auf einer Achse von -3 bis +3 von fröhlich bis traurig eingestuft wurden. Während die Männer in ihrer Bewertung keine

Unterschiede zwischen AND- und Kontrolllösungsexposition zeigten, sahen die Frauen bei AND-Exposition weibliche PLWs zu 10.5% trauriger als unter Kontrolllösung. Männliche PLWs wurden von den Frauen als fröhlicher wahrgenommen. Wurden PLWs verwendet, welche von entspannt über neutral bis nervös liefen und Männer und Frauen wieder gebeten, die Gangart als entspannt oder nervös zu bewerten, hatte AND wieder auf die Bewertung durch die Männer keinen Einfluss. Auch Frauen, welche die prototypisch weiblichen PLWs bewerten mussten, blieben durch AND in ihrem Urteil unbeeinflusst. Jedoch bewerteten Frauen unter AND-Exposition prototypisch männliche PLWs als signifikant entspannter, was bei den neutralen PLWs zu einer Reduzierung von 6.5% der Antwort „nervös“ führte (Ye et al., 2019).

In einem emotionalen Stroop Test (eStroop), bei dem fröhliche, ärgerliche und ängstliche Gesichtsausdrücke richtig erkannt werden sollten, obwohl eines der Substantive „Freude“, „Ärger“, beziehungsweise „Angst“ teilweise das Gesicht überdeckte, konnte festgestellt werden, dass unter Einfluss einer AND-Lösung weniger Fehler gemacht wurden als ohne AND (Hornung et al., 2018b). Wurde diese Verhaltensaufgabe jedoch während einer funktionellen Magnetresonanztomografie (fMRT) durchgeführt, so zeigte sich kein Haupteffekt des Geruchs auf die Fehlerrate (Hornung et al., 2018a). Darüber hinaus wurden auch die RZ durch den Geruch nicht signifikant beeinflusst, weder im Sitzen noch liegend während einer fMRT-Messung (Hornung et al., 2018a; Hornung et al., 2018b). Bei kleinerer Stichprobengröße konnte eine geringere Aufmerksamkeitsverzerrung bei ärgerlichen Gesichtern unter AND-Exposition im Vergleich zur Kontrollbedingung bei Männern festgestellt werden. Außerdem wurde bei dieser Stichprobengröße auch ein statistischer Trend festgestellt, dass Frauen unter AND bei ärgerlichen Gesichtern weniger Fehler machten (Hornung et al., 2017).

Solch unterschiedliche Beobachtungen in der Verhaltensstudie im Vergleich zu einer fMRT-Studie konnte man in den gleichen Studien, aber in einer anderen Aufgabe erkennen. So wurde eine höhere Aufmerksamkeitsverzerrung bei der emotionalen Dotprobe Aufgabe (eDOT) unter AND bei ängstlichen Gesichtsausdrücken berichtet. Außerdem zeigte sich ein statistischer Trend,

dass unter AND Angst höhere Schwierigkeiten hervorruft, sich von dieser zu lösen. In der fMRT-Studie mit einem unabhängigen Sample ließen sich allerdings keine signifikanten Einflüsse von AND auf die Verhaltensleitung im eDOT feststellen (Hornung et al., 2019). Auch bei den Ergebnissen, die für eine kleinere Stichprobe veröffentlicht wurden, konnte kein AND-Effekt in dieser Aufgabe festgestellt werden (Hornung et al., 2017).

Bei der motorischen Reaktion auf schematische wütende oder fröhliche Gesichter konnte Frey und Kollegen (2012) hingegen einen signifikanten Effekt von AND aufzeigen: In ihren Untersuchungen zum Annäherungs- und Vermeidungsverhalten verbesserte AND die Reaktionsgeschwindigkeit auf wütende schematische Gesichter bei weiblichen und männlichen ProbandInnen, aber modulierte nicht die Reaktionsgeschwindigkeit auf entsprechend fröhliche schematische Gesichter. Außerdem hatte AND keinen signifikanten Einfluss auf die Wertung der schematischen Gesichter bezüglich Annehmlichkeit oder Intensität (Frey, 2012; Frey et al., 2012). Dies konnte in einer weiteren Studie mit 16 männlichen Probanden bestätigt werden. Auch dort veränderte AND die Bewertungen der wütenden, fröhlichen und neutralen schematischen Gesichter bezüglich Annehmlichkeit und Intensität nicht (Frey, 2012).

### **3.3.3 Auswirkungen auf Attraktivitätsbewertungen und Partnerwahl**

Acht der eingeschlossenen Verhaltensstudien befassten sich unter anderem mit dem Einfluss von AND auf Attraktivitätsbewertung und Partnerwahl.

Wurden Frauen in unterschiedlichen Zyklusphasen gebeten, männliche Gesichter bezüglich deren Attraktivität unter Zeitdruck zu bewerten, konnte weder eine Beeinflussung der RZ noch der Attraktivitätsbewertung durch AND festgestellt werden. Dies war sowohl bei einem männlichen als auch weiblichen Versuchsleitenden der Fall (Lundstrom & Olsson, 2005).

Um nicht nur die Einflüsse von AND unter Laborbedingungen, sondern auch im realen sozialen Kontext zu untersuchen, wurden drei Speed-Dating Veranstaltungen durchgeführt. Während der Speed-Dating Veranstaltungen atmeten die ProbandInnen entweder eine AND-Lösung, Nelkenöl-Lösung oder nur Wasser ein. Die ProbandInnen sollten nach dem Speed-Dating notieren, ob

sie die andere Person wieder treffen möchten und die Frauen sollten zusätzlich die Attraktivität der Männer bewerten. Männer wurden von jenen Frauen, die eine AND-Lösung unterhalb der Nase aufgetragen bekamen, signifikant als attraktiver bewertet als von jenen Frauen, welche nur die Nelkenöl-Lösung oder Wasser einatmeten. Darüber hinaus wurden auch Männer von den Frauen, die Wasser ausgesetzt waren, signifikant seltener für ein mögliches zweites Treffen ausgewählt als von jenen Frauen, die der Nelkenöl-Lösung oder der AND-Lösung ausgesetzt waren. Jedoch unterschieden sich die Auswahlraten nicht signifikant zwischen den Frauen mit Nelkenöl und AND. Interessanterweise konnte man diese Beobachtungen vor allem dann machen, wenn die Veranstaltung von den Autoren der Studie im Studierendenwerk organisiert wurde. Jedoch zeigte sich dies nicht mehr (eindeutig) bei den anderen beiden Veranstaltungen in einer Bar, die durch eine Speed-Dating Agentur organisiert wurden (Saxton et al., 2008a; Saxton et al., 2008b).

Parma und Kollegen gingen einem weiteren Aspekt der womöglich kontextabhängigen Wirkungsweise von AND nach und versuchen die Frage zu beantworten, in wie weit die Wirkung von AND auf Frauen je nach der Phase ihres Menstruationszyklus variiert. Sie teilten Frauen in der unfruchtbaren Zyklusphase (1.-5. Tag und 16.-28. Tag des Menstruationszyklus) und Follikelphase (6.-15 Tag des Menstruationszyklus) in jeweils eine AND und Kontrollgruppe ein und ließen sie weibliche Gesichter nach ihrer Attraktivität bewerten. Frauen während der unfruchtbaren Zyklustage bewerteten Frauengesichter als signifikant weniger attraktiv, wenn sie AND rochen. Jedoch ergab sich kein Geruchseffekt bei Frauen während der potentiell fruchtbaren Tage (Parma et al., 2012).

Ebenso wurden Frauen, welche seit mindestens sechs Monaten hormonelle Kontrazeptiva verwendeten, nicht in ihrer Attraktivitätsbewertung gegenüber Männer- und Frauengesichtern durch AND beeinflusst. Dies war davon unabhängig, ob die Gesichtsausdrücke glücklich, ärgerlich oder neutral waren (Frey, 2012).

Aufgrund der Inkonsistenz der bereits berichteten Resultate und laut Ferdenzi und Kollegen unzulänglichen Methoden, konzipierten sie ein umfassenderes

Studiendesign und untersuchten den Einfluss auf die Attraktivitätsbewertung auch an Männern mit zusätzlichen Stimuli. Die ProbandInnen mussten unter RZ-Messung angeben, ob sie männliche und weibliche Gesichter als auch Stimmen als attraktiv oder unattraktiv wahrnehmen. Außerdem wurden sie gebeten, die Stimuli nicht nur nach Attraktivität, sondern auch nach Weiblichkeit/Männlichkeit auf einer fortlaufenden Skala zu bewerten. Frauen, welche sich laut den Autoren in der unfruchtbaren Zyklusphase befanden, reagierten unter Einfluss der AND-Lösung auf alle vier Stimulus-Typen signifikant schneller als Frauen, welche sich ebenso in einer unfruchtbaren Zyklusphase befanden, allerdings die Kontrolllösung appliziert bekamen. Frauen in der potenziell fruchtbaren Zyklusphase (8.-14. Zyklustag) mit AND hatten längere RZ als jene mit Kontrolllösung bei der Attraktivitätsbewertung von männlichen Gesichtern. Auch Männer, die AND rochen, bewerteten Frauengesichter sowie männliche und weibliche Stimmen langsamer als Männer, welche die Kontrolllösung dermal aufgetragen bekamen. Lediglich die reine Attraktivitätsbewertung mit RZ Messung blieb wie in der Studie von Lundstrom von AND unbeeinflusst. Hingegen änderte sich der Einfluss von AND auf die Attraktivitätsbewertungen, wenn man den ProbandInnen unbegrenzt Zeit dafür einräumte, wie man der Tabelle 3 entnehmen kann. Außerdem kann man dieser auch die Bewertungen bezüglich Maskulinität entnehmen (Ferdenzi et al., 2016).

In einer anderen Studie, in der Männer und Frauen Gesichter des anderen Geschlechts hinsichtlich Attraktivität und wahrscheinlicher sexueller Untreue bewerten sollten, konnte ebenso keinen Einfluss der AND-Applikation für die Attraktivitätswertungen der Männer für Frauengesichter festgestellt werden. Allerdings konnte in dieser Studie auch kein Einfluss von AND auf Frauen bezüglich ihrer Attraktivitätsbewertung von männlichen Gesichtern gezeigt werden. Dergleichen blieb auch die Bewertung bezüglich potentieller Untreue durch AND sowohl bei den Männern als auch Frauen unbeeinflusst. Wie bei Lundstrom und Kollegen blieb diese Beobachtung unabhängig vom Geschlecht des Versuchsleitenden (Hare et al., 2017).

Die Ergebnisse der Attraktivitätsbewertung der unterschiedlichen Probandengruppen für die unterschiedlichen eingesetzten Stimuli sind in Tabelle 3 zusammengetragen.

*Tabelle 3: Auswirkungen von AND auf die Attraktivitätsbewertung und Wahrnehmung der Maskulinität von verschiedenen Probandengruppen von verschiedenen zu bewertenden Stimuli*  
 Die Studien, welche die Ergebnisse erzielt haben, sind mit folgenden Nummern markiert:  
 1: (Lundstrom & Olsson, 2005), 2: (Saxton et al., 2008a), 3: (Parma et al., 2012), 4: (Frey, 2012),  
 5: (Ferdenzi et al., 2016), 6: (Hare et al., 2017)

<b>Stimuli</b> <b>ProbandInnen</b>	<b>Frauen-</b> <b>stimmen</b>	<b>Männer-</b> <b>stimmen</b>	<b>Frauen-</b> <b>gesichter</b>	<b>Männer-</b> <b>gesichter</b>	<b>Männer</b>
<b>Männer</b>	Attraktiver <sup>5</sup>  Gleich maskulin <sup>5</sup>	Gleich attraktiv <sup>5</sup>  Gleich maskulin <sup>5</sup>	Gleich attraktiv <sup>5, 6</sup>  Gleich maskulin <sup>5</sup>	Gleich attraktiv <sup>5, 6</sup>  Weniger maskulin <sup>5</sup>	
<b>Frauen, die hormonelle Kontrazeptiva einnehmen</b>			Gleich attraktiv <sup>4</sup>	Gleich attraktiv <sup>4</sup>	
<b>Frauen, unfruchtbare Zyklusphase</b>	Gleich attraktiv <sup>5</sup>  Weniger maskulin <sup>5</sup>	Gleich attraktiv <sup>5</sup>  Gleich maskulin <sup>5</sup>	Attraktiver <sup>5</sup>  Weniger attraktiv <sup>3</sup>  Maskuliner <sup>5</sup>	Attraktiver <sup>5</sup>  Maskuliner <sup>5</sup>	
<b>Frauen, fruchtbare Zyklusphase</b>	Gleich attraktiv <sup>5</sup>  Weniger maskulin <sup>5</sup>	Attraktiver <sup>5</sup>  Gleich maskulin <sup>5</sup>	Gleich attraktiv <sup>3,5</sup>  Weniger maskulin <sup>5</sup>	Attraktiver <sup>5</sup>  Gleich maskulin <sup>5</sup>	
<b>Frauen, ohne Angabe / in unterschiedlichen Zyklusphasen</b>			Gleich attraktiv <sup>6</sup>	Gleich attraktiv <sup>1,6</sup>	Attraktiver <sup>2</sup>  Gleich attraktiv <sup>2</sup>

### 3.3.4 Auswirkungen auf die Wachsamkeit und Gedächtnisleistung

Um die Hypothese zu überprüfen, ob AND Einfluss auf Wachsamkeit und kognitive Prozesse hat und wenn ja, wann die Veränderungen feststellbar sind, wurden ProbandInnen gebeten eine Reihe von psychometrischen Skalen auszufüllen. Diese füllten sie 6 Minuten nach der initialen Applikation der Versuchs- oder Kontrolllösung noch im Testraum aus. Danach kehrten die ProbandInnen wieder in ihren Alltag zurück, füllten aber den Fragenkatalog nochmals nach 2, 4 und 9 Stunden aus. AND beeinflusste weder die Wachsamkeit von Männern noch Frauen signifikant, weder binnen Minuten im Testraum, noch nach einem längeren Zeitraum im Alltag (Jacob & McClintock, 2000).



In einer weiteren Studie wurde von den ProbandInnen ein differenziertes Bild unter anderem zu ihrer Wachsamkeit und dem Tagträumen erhoben. An drei aufeinanderfolgenden Tagen wurden die ProbandInnen gebeten, eine Reihe von Fragebögen unter Einfluss von AND, Androstenol bzw. Muscon auszufüllen. An jedem Versuchstag wurden zunächst unbeeinflusst, dann unter passiver Inhalation und abschließend dermalen Applikation die Antworten zu den Fragen erhoben. Nur bei Muscon und Androstenol konnte ein Anstieg von den Faktoren zu Lucidität und Wachsamkeit beobachtet werden, bei AND nicht. Dies war unabhängig vom Geschlecht des Versuchsleitenden zu beobachten (Jacob et al., 2002). Dagegen gaben Frauen in einer anderen Studie an, dass sie sich in der AND-Sitzung deutlich fokussierter fühlten als in der Kontrolllösung-Sitzung, allerdings nur in Anwesenheit eines männlichen Versuchsleiters (Lundstrom & Olsson, 2005). Jedoch konnten bei diesen Frauen, obwohl sie sich fokussierter fühlten, keine signifikanten Auswirkungen von AND auf ihre Leistung in einer Aufmerksamkeitsaufgabe beobachtet werden. Auch die Anwesenheit eines männlichen oder weiblichen Versuchsleiters hatte darauf keinen signifikanten Einfluss (Lundstrom & Olsson, 2005).

Der fehlende Effekt von AND auf Aufmerksamkeitsprozesse konnte auch durch eine weitere Studie bestätigt werden. In dieser wurde die phasische und tonische Wachsamkeit durch RZ Messung auf einen plötzlich auftretenden Reiz mit und ohne vorgehenden Warnhinweis beurteilt. Dabei unterschieden sich die beiden Gruppen, die entweder AND-Lösung oder eine Kontrolllösung aufgetragen bekamen, nicht signifikant voneinander (Frey, 2012).

Nicht nur die subjektiven und objektiven Auswirkungen von AND auf die Wachsamkeit wurde untersucht, sondern auch die Auswirkungen auf die Gedächtnisleistung. Wurden ProbandInnen, welche vor einem erotischen, traurigen und fröhlichen Filmclip entweder an kristallinem AND oder Backpulver rochen, zum Inhalt der Filmclips verschiedene Multiple-Choice-Fragen gestellt, so wurde die Gedächtnisleistung hinsichtlich des traurigen Filmclips durch kristallines AND im Vergleich zum Backpulver signifikant beeinträchtigt. Bei den anderen beiden emotionalen Filmen war dies nicht der Fall und AND hatte weder

im positiven noch negativen Einfluss auf die Gedächtnisleistung (Bensafi et al., 2004a).

Auch in einer fMRT-Studie wurde neben den physiologischen Veränderungen die Einflüsse von AND auf die Aufmerksamkeit und Gedächtnisleistung überprüft. In zwei Scan-Sitzungen, welche abgesehen von der präsentierten Lösung identisch waren, wurde vor und nach dem MRT-Scan der psychologische Zustand anhand einer 22 Adjektiven beinhaltenden VAS (Folstein & Luria, 1973) erhoben. Nach dem Scan wurde eine Aufmerksamkeitsaufgabe durchgeführt. Bei dieser Aufgabe mussten die ProbandInnen soziale und nicht soziale positive, neutrale und negative Bilder danach beurteilen, ob sie diese solange sie im MRT-Scanner lagen, gesehen hatten oder nicht. Hierbei antworteten die ProbandInnen auf negative soziale Bilder relativ langsamer und auf positive soziale Bilder relativ schneller während der AND-Sitzung. Allerdings konnten keine signifikanten Geruchs- oder Geruchs \* Valenz-Effekte auf die RZ oder Fehlerraten beim Wiedererkennen der Bilder aufgezeigt werden. Außerdem konnte beobachtet werden, dass die Aufmerksamkeit mit fortschreitender Dauer des Scans signifikant abnahm, wobei AND keinen erkennbaren Effekt hatte, also diesem Aufmerksamkeitsverlust nicht signifikant entgegensteuerte (Hummer et al., 2017).

#### **4. Diskussion**

Wie aufgezeigt, zeichnet sich die Androstadienonforschung durch Inhomogenität aus. Von den hier eingeschlossenen 24 Studien, welche die Auswirkung von AND auf das menschliche Verhalten untersuchten, beschäftigten sich sechs Studien damit, welche Auswirkung AND auf soziales Verhalten ausübt. Dabei konnten vier Studien eine Auswirkung feststellen, zwei jedoch nicht. Auch von den sieben Studien, die sich mit emotionaler Reizverarbeitung und Emotionswahrnehmung befassten, konnten vier eine Auswirkung von AND drauf zeigen, drei jedoch nicht. Ähnliches lässt sich bei der Auswirkung von AND auf Attraktivitätsbewertung und Partnerwahl feststellen. Diesbezüglich konnten fünf Studien keine Auswirkung von AND aufzeigen, aber drei andere Studien zeigten AND-Effekte darauf. Bei der Untersuchung von den Einflüssen von AND auf kognitive Aspekte, konnten

drei Studien eine Auswirkung von AND darauf aufzeigen, aber genauso viele Studien konnten dies nicht. Doch wie kann diese Inhomogenität und teilweise Widersprüchlichkeit der Ergebnisse erklärt werden? Die Intention dieses Reviews war es, herauszufinden unter welchen Bedingungen AND Auswirkungen auf uns Menschen hat und unter welchen Bedingungen diese Auswirkungen möglicherweise nicht vorhanden oder nicht nachweisbar sind.

### **Welcher Einfluss hat das Geschlecht des Versuchsleitenden auf die Einflüsse von AND auf Männer und Frauen?**

Da es sich bei AND um einen sozialen Geruch handelt, liegt die Vermutung nahe, dass auch der soziale Kontext der Studien eine große Rolle spielt. Außerdem wird AND in der Literatur immer wieder als potenziell männliches Chemosignal bezeichnet, was die Überlegung stärkt, dass auch das Geschlecht des Versuchsleitenden eine entscheidende Rolle spielen könnte, vor allem bei männlichen Versuchsleitern, die heterosexuelle Probandinnen messen.

Diese Überlegung wird durch die Beobachtung gestärkt, dass Frauen, unabhängig von ihrem Zyklus, sich mit AND fokussierter fühlten, wenn sie von einem Mann, nicht aber, wenn sie von einer Frau gemessen wurden (Lundstrom & Olsson, 2005). Dies konnte aber nicht repliziert werden. Es konnte kein Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Versuchsleitenden bei der Abfrage der Wachsamkeit weder bei Frauen in der späten Follikelphase und periovulatorischen Phase noch bei Männern erkannt werden (Jacob et al., 2002). Auch bei den Bewertungen von Gesichtern des anderen Geschlechts bezüglich Attraktivität und potenzieller Untreue konnte weder bei Männern noch bei Frauen ein AND-Effekt festgestellt werden, ungeachtet des Geschlechts des Versuchsleitenden (Hare et al., 2017).

Auch wenn in den meisten Studien kein direkter Vergleich zwischen den Geschlechtern der Versuchsleiter gemacht wurde, so konnten sowohl für Frauen als auch für Männer jeweils bei männlichen als auch weiblichen Versuchsleitern genauso AND-Effekte festgestellt (Banner et al., 2018; Frey, 2012; Frey et al., 2012; Hummer et al., 2017; Huoviala & Rantala, 2013; Ye et al., 2019) werden wie auch keine (d'Ettorre et al., 2018; Frey, 2012; Ye et al., 2019).

Die Hypothese, dass sich die Wirkungsweise von AND auf Frauen, welche sich mit einem Mann in einem Testraum befinden, verstärkt, wird durch diese Beobachtungen geschwächt. Außerdem wird AND nicht nur von Männern produziert, sondern konnte auch bei einer Frau nachgewiesen werden (Gower et al., 1994), was die Unterstellung eines rein männlichen Chemosignals in Frage stellt. Die Heterogenität der Ergebnisse lässt außerdem keinen konsistenten Einfluss des Geschlechts des Versuchsleitenden auf die AND-Effekte erkennen. Allerdings besteht die Möglichkeit, dass die berichteten Ergebnisse in AND-Studien vom Geschlecht des Versuchsleitenden dennoch beeinflusst wurden. Denn das Geschlecht eines Versuchsleitenden hat eine signifikante Auswirkung unter anderem auch auf das Verhalten (Chapman et al., 2018). Auch neigten College-Studierende dazu, sich mehr darum zu bemühen einen positiven Eindruck zu hinterlassen, attraktiver und liebenswürdiger zu erscheinen, wenn sie mit einer nicht vertrauten Person des anderen Geschlechtes, als mit einer des gleichen Geschlechts in Kontakt traten (Leary et al., 1994). Insgesamt entsteht somit die Vermutung, dass die berichteten AND-Effekte nicht vom Geschlecht des Versuchsleitenden abhängen und auch nicht (ausschließlich) von AND getrieben wurden, sondern viel mehr durch den Versuchsleitenden beeinflusst sein könnten. Aus diesem Grund sollte für zukünftige Studien in Erwägung gezogen werden, dass gleichgeschlechtliche Versuchsleitende die Studien durchführen.

### **Welchen Einfluss hat die Anwesenheit des Versuchsleitenden im Versuchsraum beziehungsweise die Anwesenheit anderer Personen während der Studie?**

Es muss auch berücksichtigt werden, dass nicht nur aufgrund des ANDs und seiner potenziellen Rolle in der Geschlechtswahrnehmung und Partnerwahl die Ergebnisse in solchen Studien durch das Geschlecht des Versuchsleitenden beeinflusst werden könnten, sondern durch die Anwesenheit eines Versuchsleitenden per se. Diese soziale Interaktion kann möglicherweise die AND-Effekte verstärken, oder durch mögliche Ablenkung der ProbandInnen durch die versuchsleitende Person abgeschwächt werden. Auch weil AND als sozialer Geruchsstoff gehandelt wird, besteht die Überlegung, dass es eine

(bessere) Wirkungsweise hat, wenn es im sozialen Umfeld gerochen wird. Es können für jede denkbare Kombination, also AND-Effekte und Null-Effekte bei Anwesenheit und Nichtanwesenheit von einer versuchsleitenden Person Studien aufgeführt werden. Es konnten AND-Effekte bei Männern und Frauen gezeigt werden, bei denen der Versuchsleiter im Versuchsraum anwesend war (Frey, 2012; Frey et al., 2012) oder nicht (Huoviala & Rantala, 2013; Ye et al., 2019). Es konnten keine AND-spezifischen Effekte gefunden werden, einerlei ob die ProbandInnen während des Versuchs alleine waren (Parma et al., 2012; Ye et al., 2019), oder ob eine versuchsleitende Person im Raum war (d'Ettoire et al., 2018; Frey, 2012).

Des Weiteren konnten Unterschiede in der RZ bei der Bewertung von Bildern bezüglich der Attraktivität der abgebildeten Person gezeigt werden, während bis zu vier ProbandInnen gleichzeitig diese Aufgabe im gleichen Raum absolvierten (Ferdenzi et al., 2016), wobei dies in einer anderen Studie nicht gezeigt werden konnte, bei der die versuchsleitende Person mit der Probandin allein im Raum war (Lundstrom & Olsson, 2005). Auch im alltäglichen Leben, 2, 4 und 9 Stunden nach initialer Exposition auf die Haut unterhalb der Nase und am Hals oberhalb der Carotiden zeigte AND keinen signifikanten Effekt auf die selbst wahrgenommene Wachsamkeit der ProbandInnen (Jacob & McClintock, 2000). Somit scheint es, dass die Wirkungsweise von AND keinen sozialen Kontext voraussetzt. Im Gegenteil – selbst mitten unter Menschen zeigt AND nicht immer Effekte: Es wurden drei Speed-Dating Veranstaltungen organisiert, wobei unterschiedlich starke Effekte beziehungsweise bei einer Veranstaltung gar keine AND-spezifischen Effekte gezeigt werden konnten (Saxton et al., 2008b). Bemerkenswert ist, dass bei der Veranstaltung, bei der die stärksten AND-Effekte beobachtet wurden mehr Frauen mit weniger Männern interagierten, bei der Veranstaltung, bei der die Effekte abgeschwächt gezeigt werden konnten, die Anzahl der Männer und Frauen beinahe ausgeglichen war und bei der Veranstaltung, bei der keinerlei AND-Effekte festzustellen waren, über doppelt so viele Männer wie Frauen am Speed-Dating teilnahmen. Also wollten die Frauen, welche AND rochen nur wenn weniger Männer als Frauen anwesend waren signifikant mehr Männer wieder treffen und nahmen diese auch als attraktiver

wahr als jene Frauen, die an Wasser rochen. Somit besteht die Überlegung, dass AND dann Effekte in der Partnerwahl zeigt, wenn ein vermeintlicher Druck bei den Frauen herrscht. Um diesen Faktor weiter zu untersuchen ist allerdings weitere Forschung notwendig.

Neben der sozialen Interaktion besteht die Überlegung, dass zusätzlich ausgeschüttetes AND die beobachtbaren AND-Effekte weiter beeinflussen könnte. Allerdings liegt die Konzentration von AND im menschlichen Schweiß unterhalb der menschlichen Erkennungsschwelle (Gower et al., 1994). Somit ist davon auszugehen, dass potenziell zusätzliches AND durch den anwesenden Versuchsleitenden keinen Ausschlag geben sollte. Allerdings ist menschlicher Schweiß eine sehr komplexe Mischung, dessen vielschichtige Wirkung in der chemosensorischen Kommunikation im Rahmen weiterer Forschung noch besser untersucht werden muss.

In allen hier eingeschlossenen Verhaltensstudien wurde, wenn flüssige AND-Lösungen verwendet wurden, mindestens eine Konzentration von 250  $\mu\text{M}$  genutzt. Dies liegt weit über den natürlich vorkommenden Konzentrationen im Schweiß, welche sich zwischen 0 – 1.9 nmol/ $\mu\text{l}$  belaufen (Gower et al., 1994). Dies bietet den Vorteil, dass eine Ursachen - Wirkung Relation von AND herausgearbeitet werden kann und Fremdeinflüsse, wie die Schweißabsonderung der Versuchsleitung, die Versuchsergebnisse mit hoher Wahrscheinlichkeit nur wenig oder gar nicht beeinflussen.

### **Welchen Einfluss hat eine fMRT-Untersuchung auf verhaltensspezifische AND-Effekte?**

Auffällig ist, dass AND-Effekte sowohl im eDOT als auch im eStroop gefunden werden konnten, solange die ProbandInnen die Aufgaben im Sitzen durchführten (Hornung et al., 2019; Hornung et al., 2018b), allerdings diese Effekte nicht mehr gefunden werden konnten, wenn die Aufgaben in einem MRT-Scanner wiederholt wurden (Hornung et al., 2018a; Hornung et al., 2019). Des Weiteren konnten keine Geruchs- oder Geruchs \* Valenz-Effekte auf die RZ oder Fehlerraten beim Wiedererkennen von sozialen und nicht sozialen Bildern mit positiver, neutraler oder negativer Valenz gefunden werden, welche den ProbandInnen in einem MRT-Scanner gezeigt wurden (Hummer et al., 2017).

Durch diese Ergebnisse liegt der Verdacht nahe, dass ProbandInnen durch den MRT-Scanner an sich abgelenkt sein könnten oder das Verhalten in solch einem Scanner beeinflusst wird, sodass AND-Effekte im Verhalten nicht mehr zu finden sind. Es besteht die Möglichkeit, dass AND keine (starken) Effekte zeigt, wenn ProbandInnen während der Studie liegen. Dies beruht auf Ergebnissen, dass beispielsweise die Geruchsempfindlichkeit gegenüber Phenylethylalkohol auch von der Körperhaltung abhängig und im Sitzen besser ist (Lundstrom et al., 2006a). Darüber hinaus wurde gezeigt, dass die olfaktorische Leistung für Gerüche um den Schwellenwert herum im Sitzen besser ist als im Liegen (Lundstrom et al., 2008). In den beiden hier erwähnten fMRT-Studien wurde eine AND-Konzentration von 250  $\mu\text{M}$  verwendet, was einer Konzentration um den Schwellenwert herum darstellt, denn diese liegt für AND bei 211 $\mu\text{M}$  (Lundstrom et al., 2003b). Somit wäre es interessant auch einen Schwellenwert für AND im Liegen zu untersuchen, um abschätzen zu können, wie hoch die AND-Konzentration in fMRT-Studien sein sollte, um Studienergebnisse, welche bei sitzenden und liegenden ProbandInnen gewonnen wurden, vergleichen zu können. Dies könnte ähnlich wie in der Studie von Lundstrom und Kollegen geschehen, indem man einen Schwellentest mit unterschiedlichen Konzentrationen von AND und Kontrolllösungen bei Probanden zweimal durchführt: zum einen im Sitzen und zum anderen im Liegen (Lundstrom et al., 2006a).

### **Welchen Einfluss hat die Aufgabenstellung auf AND-Effekte?**

Wie oben aufgeführt, können bestimmte soziale Situationen, wie beispielsweise Speed-Dating mit unterschiedlicher Teilnehmeranzahl, die AND-Effekte teilweise massiv beeinflussen. Somit besteht auch die Überlegung, ob somit die Aufgabenstellungen, welche soziale Situationen simulieren ebenfalls dazu führen, dass AND nur in diesen ein bestimmtes Verhalten hervorruft. Am eindrücklichsten zeigt sich dies bei der Durchführung eines monetären Entscheidungsspiels: Männer, welche aufgrund der Spielregeln in einer untergeordneten Position solch ein Spiel absolvierten und auch während des Spiels vom vermeintlichen Mitspieler provoziert wurden, reagierten unter AND individualistischer, was auf Kosten des kooperativen Verhaltens ging (Banner et

al., 2018). Wenn sie in einer übergeordneten Position waren, zeigten sich Männer mit AND (nicht signifikant) großzügiger als ohne (Huoviala & Rantala, 2013; Perrotta et al., 2016). Befanden sie sich während des monetären Entscheidungsspiels weder in einer unter- noch übergeordneten, allerdings in einer vom Mitspieler abhängigen Position, zeigten sie sich signifikant großzügiger unter Einfluss von AND als mit der Kontrolllösung (Huoviala & Rantala, 2013). Dadurch, dass die Probanden in unterschiedlichen Bedingungen unter Einfluss von AND anders reagierten, könnte man annehmen, dass AND aufgabenspezifisch Wirkung zeigt. Somit kann die Ausgangssituation und auch das Verhältnis zum Mitspieler entscheidend sein, wie AND auf Probanden wirkt. Dies lässt eine weitere Überlegung zu, ob AND je nach aktueller Situation und Position im Alltag, emotionaler Verfassung und Grundeinstellung einer Person unterschiedlich wirkt. Es könnte sich allerdings auch um Faktoren handeln, welche eine falsch-positive Wirkungsweise von AND begünstigen. Denn es konnte beispielsweise gezeigt werden, dass sich Personen aus der Unterschicht in einem Diktator-Spiel großzügiger zeigten als Personen aus der Oberschicht (Piff et al., 2010). Außerdem konnte eine negative Korrelation zwischen Annehmlichkeit einer Person und ihrer Ersparnisse gezeigt werden, und dass diese Beziehung teilweise dadurch begründet sein könnte, dass angenehme Menschen dem Geld weniger Wert beimessen (Matz & Gladstone, 2018). Dies ist ein weiterer Faktor, der die Effekte der monetären Entscheidungsspiele beeinflusst haben könnte, vor allem, wenn die ProbandInnen in Versuchs- und Kontrollgruppen aufgeteilt wurden. Dies sind Faktoren, die bislang in der AND-Forschung nicht berücksichtigt wurden. Wollte man allerdings auf sämtliche potentielle Einflussfaktoren Rücksicht nehmen, müsste man viele weitere Ein- und Ausschlusskriterien festlegen. Dies sollte dann zu einer homogeneren Gruppe führen, ob diese Maßnahmen aber die konfus erscheinende Wirkweise von AND klären würden bleibt unklar. Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob dies überhaupt wünschenswert ist, nur eine sehr homogene Gruppe zu untersuchen und nur die Ergebnisse dieser zu erheben. Denn Forschungsergebnisse, die sich auf eine sehr homogene Gruppe konzentrieren, lassen sich nicht ohne weiteres auf die gesamte Menschheit übertragen.



Beispielsweise ist unser Verständnis für zahlreiche Aspekte neuronaler Funktionen auf das männliche Geschlecht beschränkt, da die Grundlagenforschung und präklinische Tierforschung meist an männlichen Tieren und Zellen betrieben wurde (Shansky & Woolley, 2016). Dies ist für die AND-Forschung sicherlich nicht erstrebenswert.

Dennoch ist es sicherlich sinnvoll, dass die AND-Forschung, solange man nicht eindeutig zeigen kann, wie es wirkt, an einer möglichst homogenen Gruppe von Menschen betrieben wird. Erst wenn in diesem Stadium eine replizierbare Wirkungsweise erkennbar ist, könnten schrittweise Einschlusskriterien oder andere Faktoren geändert werden, um systematisch untersuchen zu können, woran es liegen könnte, weshalb AND vermeintlich eine widersprüchliche Wirkungsweise zeigt.

Ein weiterer Aspekt, der Einfluss auf die AND-Wirkung haben könnte ist der Zeitdruck, der in einigen Aufgaben vorhanden ist. Die darauf möglich resultierende Stressreaktion könnte auch die Effekte von AND verändern. Bei der Attraktivitätsbewertung konnte solch ein Unterschied aufgezeigt werden: Unter Zeitdruck wurde die Attraktivitätsbewertung nicht durch AND beeinflusst (Ferdenzi et al., 2016; Lundstrom & Olsson, 2005), ohne Zeitdruck allerdings schon (Ferdenzi et al., 2016; Parma et al., 2012). Jedoch konnte in anderen Studien auch kein Effekt von AND auf die Attraktivitätsbewertungen gefunden werden, auch wenn die ProbandInnen dafür keine zeitliche Begrenzung bekamen (Frey, 2012; Hare et al., 2017). Ein Zusammenhang zwischen AND-Wirkung und Stress oder Zeitdruck lässt sich daraus sicherlich nicht ableiten. Zumal auch bei anderen Aufgaben, bei denen die Geschwindigkeit eine entscheidende Rolle spielte, teilweise AND-spezifische Effekte aufgezeigt (Frey et al., 2012; Hornung et al., 2019; Hornung et al., 2018b), aber genauso auch fehlende Unterschiede berichtet werden konnten (d'Ettorre et al., 2018; Frey, 2012). Allerdings kann Stress die Präferenz für potentielle Partner beeinflussen (Lass-Hennemann et al., 2010). Darüber hinaus kann akuter Stress kognitive Funktionen und die Flexibilität beeinträchtigen (Raio et al., 2017). Auch dieses Spannungsdreieck: Stress - Zeitdruck - Wirkungsunterschiede bietet Raum für weitergehende Forschung. Oft wurden die ProbandInnen im universitären Umfeld gesucht und

meist Studierende eingeschlossen. Abgesehen von Prüfungsphasen kann auch der Alltag oder auch einfach das Suchen des Versuchsraums ein akutes Stresserlebnis hervorrufen, vor allem wenn die Testperson den Treffpunkt unter Zeitdruck suchen muss. Auch wenn alle Teilnehmenden an einem Tag die Versuchslösung und am anderen Tag die Kontrolllösung bekommen und innerhalb der ProbandInnen die Reihenfolge ausgeglichen ist, besteht immer noch die Möglichkeit, dass dennoch eine Gruppe insgesamt gestresster ist als die andere. Somit ist es ratsam, ProbandInnen vor dem eigentlichen Versuchsbeginn zur Ruhe kommen zu lassen, gegebenenfalls auch etwas Neutrales zu lesen geben oder eine Naturdokumentation anschauen zu lassen, um den Faktor Stress so gering wie möglich zu halten. Außerdem sollten die ProbandInnen abgefragt werden, ob sie aktuell gestresst sind, um mögliche Auffälligkeiten erkennen zu können. Darüber hinaus könnte der Faktor Stress durch die nicht invasive Messung des Pulses objektiviert werden.

Darüber hinaus wäre es sicherlich sinnvoll, wenn Studienaufbauten in der AND-Forschung so wenig wie möglich von äußeren Faktoren beeinflusst werden. Also, wenn eine möglichst neutrale Umgebung und so wenig wie möglich soziale Interaktion vorherrschen. Außerdem kann es von Nutzen sein, wenn innerhalb einer Studie der Kontext geändert würde, um Veränderungen aufgrund diesem erkennen zu können.

### **Hat AND einen emotionsspezifischen Effekt?**

Einige Autoren zeigen, dass AND die Aufmerksamkeit gegenüber bedrohlichen sozialen visuellen Reizen verstärkt (Frey et al., 2012) beziehungsweise ärgerliche Gesichtsreize hervorhebt (Hornung et al., 2017). Doch letztgenanntes konnte bei einer größeren Stichprobe nicht mehr gezeigt werden (Hornung et al., 2018b). In einer anderen Aufgabe, dem eDOT, bei der die emotionalen Gesichter nicht von den ProbandInnen benannt werden müssen, konnte ebenso keine Aufmerksamkeitslenkung auf ärgerliche Gesichtsausdrücke festgestellt werden, allerdings auf ängstliche (Hornung et al., 2019). Wurde der emotionale Reiz über Worte gegeben, so konnte keinerlei Beeinflussung von AND auf die Reaktionsgeschwindigkeit oder Fehlerrate festgestellt werden, unabhängig von der emotionalen Valenz der Worte (d'Ettorre et al., 2018).

Dadurch, dass AND die Aufmerksamkeit auf schematische oder reale Bilder mit negativer Valenz, aber nicht auf Worte zu lenken scheint, mag AND die Aufmerksamkeit mehr auf sozial relevante Informationen richten. Da bei ProbandInnen mit sozialen Ängsten festgestellt werden konnte, dass die Aufmerksamkeitslenkung im eDOT empfindlicher ist, wenn Bilder anstelle von Worten verwendet werden (Pishyar et al., 2004), kann die Überlegung angestellt werden, dass AND möglicherweise auch vermehrt die Aufmerksamkeit auf Dinge lenkt, welchen bereits von Grunde auf mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird. Denn neben der gezeigten Aufmerksamkeitslenkung auf negative beziehungsweise bedrohliche Reize unter AND, konnte in zahlreichen Studien festgestellt werden, dass keine Modulation des Verhaltens gegenüber fröhlichen beziehungsweise positiven Reizen durch AND zu messen war (Bensafi et al., 2004a; d'Ettorre et al., 2018; Frey, 2012; Frey et al., 2012; Hornung et al., 2019; Hornung et al., 2018b). Außerdem wird auch ohne Einfluss von AND angsteinflößenden Reizen mehr Aufmerksamkeit geschenkt: Ein bedrohliches, wütendes Gesicht wird schneller und öfters richtig in einer Menge neutraler Gesichter, als ein fröhliches Gesicht erkannt (Öhman et al., 2001).

Jedoch scheinen zwei AND-Studien dagegen zu sprechen, dass AND die Aufmerksamkeit mehr auf überlebenswichtige Reize lenkt, also auf soziale Reize, die vermeintlich eine Bedrohung darstellen.

Zum einen konnte gezeigt werden, dass ProbandInnen relativ schneller auf positive soziale Bilder reagierten als auf negative soziale Bilder, wenn sie eine AND-Lösung appliziert bekamen, im Vergleich zur Kontrolllösung. Jedoch besteht die Möglichkeit, dass die ProbandInnen mehr auf die Richtigkeit der Antworten als auf die Geschwindigkeit achteten, da ihnen vor der Präsentation erklärt wurde, dass sie hinterher abgefragt werden würden, um zu überprüfen, ob sie aufmerksam waren (Hummer et al., 2017).

Zum anderen konnten ProbandInnen weniger Fragen zu einem traurigen Film richtig beantworten, wenn sie vor den Videofilmen an kristallinem AND gerochen hatten, wobei sie zu einem fröhlichen und erotischen Film gleich viele Fragen richtig beantworten konnten unabhängig vom Stimulus (Bensafi et al., 2004a). Dies passt nicht zu der oben aufgestellten Hypothese, da die

Aufmerksamkeitslenkung, unabhängig von AND, auf fröhliche und traurige Stimuli sich statistisch nicht unterscheiden (Öhman et al., 2001).

Allerdings ist es bei diesen beiden Studien der Fall, dass die ProbandInnen erst nach der Präsentation aller Bilder (Hummer et al., 2017) beziehungsweise nach der Präsentation eines Filmes (Bensafi et al., 2004a), die Bilder wiedererkennen oder Fragen zum Film beantworten mussten. Dies ist grundsätzlich anders zu den zuvor erwähnten Studien, welche direkt bei der Präsentation eines Reizes, eine Reaktion der ProbandInnen verlangten (Bensafi et al., 2004a; Frey, 2012; Frey et al., 2012; Hornung et al., 2019; Hornung et al., 2018b). Viel mehr war bei diesen Studien die Richtigkeit der Antworten im Fokus und viel weniger die Schnelligkeit.

Somit liegt dennoch die Vermutung nahe, dass AND, wenn es emotionsspezifisch wirkt, die Aufmerksamkeit auf negative oder bedrohliche Reize lenkt. Diese sind wichtige soziale Signale, die bevorzugt beachtet und verarbeitet werden, da sie eine potentielle Bedrohung darstellen (Öhman et al., 2001; Wieser et al., 2010). AND scheint nur während der potentiellen Bedrohung, wenn auf diesen Reiz unmittelbar eine Reaktion verlangt wird, diese auf negative soziale Stimuli zu verbessern, also das sympathische Nervensystem bei diesen Stimulanzen zu unterstützen. Bei einer sympathomimetischen Wirkung wird die allgemeine Alarmbereitschaft des Körpers mit vermehrter Ausschüttung von Cortisol, Beschleunigung der Herz- und Atemfrequenz, Zunahme des Blutdrucks, Erhöhung des Blutzuckerspiegels und Pupillenerweiterung, ausgelöst.

Wie auch bei der Kampf-oder-Flucht-Reaktion (fight or flight reaction) kommt es auch beim bloßen Riechen von AND zu erhöhten Cortisolwerten im Blut von Frauen (Wyart et al., 2007), zu einem erhöhten Puls bei beiden Geschlechtern und zu einer verringerten Bauchatmung bei Männern während eines erregenden Kontextes (Bensafi et al., 2004a). Diese physiologische Reaktion des Körpers auf AND mag die schnellere Reaktion auf potentiell bedrohliche Reize erklären. Allerdings gibt es auch Berichte darüber, dass AND nicht nur sympathomimethisch, sondern auch parasympathomimetisch wirken soll, indem es Nervosität, Anspannung und andere negative Gefühlszustände verringern soll (Grosser et al., 2000). Außerdem konnten auch geringere Cortisolwerte bei

Frauen unter AND gezeigt werden als unter Moschusöl (Chung et al., 2016a). Möglicherweise wirkt AND auf sozial negative Stimuli sympathomimetisch, wenn in dieser Situation eine unmittelbare Reaktion in der Studie verlangt ist. Da diese Energiebereitstellung nur für kurze Zeit vom Körper aufrecht gehalten werden kann und in den oben genannten Studien von Bensafi et al. und Hummer et al. die ProbandInnen nicht primär auf Geschwindigkeit geachtet haben, sondern auf Richtigkeit, ist es in diesem Gedankenkonstrukt nicht verwunderlich, dass ProbandInnen tendenziell sozial positive Bilder schneller wiedererkannten (Hummer et al., 2017). Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass die ProbandInnen während der Bilderpräsentation die sozial negativen Bilder eher vermeiden wollten und sich später an diese nicht mehr so gut erinnern konnten im Vergleich zu sozial positiven Bildern.

Eine mögliche sympathomimetische Wirkung von AND in einem bedrohlichen Kontext würde voraussetzen, dass AND somit tatsächlich auf die motorische Reaktionsgeschwindigkeit Einfluss nimmt und eher weniger auf die Valenzeinschätzung der präsentierten Stimuli. Diese Annahme wird durch die Beobachtung unterstützt, dass die wahrgenommene Valenz von wütenden schematischen Gesichtern nicht signifikant von AND beeinflusst wurde, allerdings die motorische Reaktion auf diese. Darüber hinaus blieb die Valenzeinschätzung von Männer- und Frauengesichter mit wütendem Gesichtsausdruck ebenso durch AND unbeeinflusst (Frey, 2012; Frey et al., 2012).

Allerdings ist in diesem Punkt weitere Forschung notwendig, ob AND in einem bedrohlichen Kontext sympathomimetische Wirkung zeigt. Bisher konnte bei Frauen während eines Stresstestes mit negativem sozialem Feedback geringere Cortisolwerte unter AND festgestellt werden (Chung et al., 2016a), was gegen eine sympathomimetische Wirkung in einem stressgeprägten Kontext spricht, aber diese Wirkung in einem bedrohlichen Kontext nicht ausschließt. Da der Sympathikus sowohl bei Stress als auch Bedrohung eine Leistungssteigerung des Organismus hervorruft, jedoch AND nicht in beiden Kontexten diese Sympathikuswirkung noch weiter hervorzurufen vermag, unterstreicht die Annahme, dass AND womöglich kontextabhängig wirkt und verstärkt.

### **Welchen Einfluss haben die Zusammensetzung und Form der Test- und Kontrollstoffe?**

In den hier vorgestellten Verhaltensstudien wurden sowohl unterschiedliche Konzentrationen von AND verwendet, diese unterschiedlich maskiert und in gelöster oder kristalliner Form präsentiert.

Keine der Studien hat eine Konzentration unter 250  $\mu\text{M}$  verwendet, was unterhalb des absoluten Schwellenwertes für AND von 211  $\mu\text{M}$  liegt (Lundstrom et al., 2003b). Dadurch sollte man erwarten, dass mögliche Null-Effekte nicht im Zusammenhang einer zu gering gewählten Konzentration liegen. Dies wird auch dadurch deutlich, dass sogar Konzentrationen von 500  $\mu\text{M}$  keine AND-spezifischen Effekte, wie Attraktivitätsbewertung und Urteil über mögliche Untreue von Gesichtern des anderen Geschlechts, auf Männer (Hare et al., 2017; Ye et al., 2019) und Frauen (Hare et al., 2017) erkennen lassen. Darüber hinaus lies auch eine AND-Konzentration von 650  $\mu\text{M}$  keine signifikanten Effekte erkennen, wenn man die Geschlechter getrennt voneinander analysiert hatte, sondern es konnte nur ein Geruch \* Geschlecht Effekt dahingehend berichtet werden, dass AND die Großzügigkeit bei Frauen mehr verstärkt als bei Männern (Perrotta et al., 2016).

Zusätzlich wird die Vergleichbarkeit auch durch unterschiedliche Maskierungen der Geruchslösungen erschwert. Die zum Einsatz kommenden Geruchsmaskierungen mit Erdöl-, Limonen- oder Moschusöl (d'Ettorre et al., 2018; Hornung et al., 2019; Perrotta et al., 2016) haben womöglich andere Eigenwirkungen als die am häufigsten verwendeten Geruchsmaskierungen Nelkenöl bzw. das aus ihm gewonnene Eugenol. Da verschiedene Gerüche auch unterschiedliche Wirkungen auf uns Menschen haben können (Herz, 2009; Raudenbush et al., 2001), ist es nicht ausgeschlossen, dass auch die verschiedenen Maskierungen AND-Effekte in den Analysen nicht mehr signifikant erscheinen lassen. Allerdings zeigten sich auch keine signifikanten AND-Effekte auf die selbst wahrgenommene Wachsamkeit, wenn die AND-Lösung nicht maskiert, sondern AND nur in Propylenglykol gelöst wurde (Jacob & McClintock, 2000). Unmaskiertes, kristallines AND beeinflusste aber signifikant die Gedächtnisleistung von Frauen und Männern, wenn sie Fragen zu einem

traurigen Film beantworten sollten, den sie zuvor gesehen hatten (Bensafi et al., 2004a).

Auch wenn AND nicht in kristalliner Form in der Natur vorkommt, konnten bei den hier eingeschlossenen Studien, welche AND in kristalliner Form präsentierten, jeweils AND-spezifische Effekte gefunden werden (Bensafi et al., 2004a; Huoviala & Rantala, 2013). Darum stellt sich die Frage, ob in Propylenglycol gelöstes AND die gleiche Potenz hat Effekte hervorzurufen, wie kristallines.

Da AND über verschiedene Körperflüssigkeiten wie apokriner Schweiß (Gower et al., 1994) und Sperma (Kwan et al., 1992) ausgeschieden wird, könnte man annehmen, dass AND in gelöster Form eine sozial relevante Rolle spielt und somit auch in Studien in gelöster Form realitätsnähere Ergebnisse liefert als in kristalliner Form.

Allerdings scheint es eine Untersuchung wert, die Konzentration von AND auf der Riechschleimhaut zu untersuchen, die einerseits durch Aspiration von einer AND-Lösung und andererseits durch Lösung von kristallin eingeatmetem AND entsteht.

Außerdem wäre eine weitere Untersuchung, ob AND in einer Konzentration deutlich unterhalb der absoluten Schwelle von 211  $\mu\text{M}$  (Lundstrom et al., 2003b) Wirkung zeigt, interessant. Dabei könnte man eine AND-Propylenglykollösung mit einer Konzentration von beispielsweise nur 100  $\mu\text{M}$  mit reinem Propylenglykol vergleichen. Wären dann AND-Effekte nachweisbar, gäbe es eine Wirkung ohne geruchliche Wahrnehmung.

### **Welchen Einfluss hat die Applikationsart der AND-Lösung auf die Einflüsse von AND?**

Beim direkten Vergleich zwischen passiver Inhalation und epidermaler Applikation von AND konnte kein Unterschied bei den AND-Effekten auf in Fragebögen abgefragte Faktoren festgestellt werden (Jacob et al., 2002). Drei Jahre später konnte bei dermalen Applikation einer AND-Lösung ausschließlich beobachtet werden, dass sich Frauen mit AND tendenziell fokussierter fühlten, was aber vor allem bei einem männlichen Versuchsleiter der Fall war, aber AND objektiv keine Auswirkung auf die Wachsamkeit hatte (Lundstrom & Olsson, 2005). Außerdem konnte bei dermalen Applikation berichtet werden, dass AND-

Effekte teilweise dadurch getrieben wurden, dass Männer als auch Frauen relativ langsamer auf sozial negative Bilder und relativ schneller sozial positive Bilder wiedererkannten, welche sie zuvor aufmerksam im MRT anschauen sollten, was jedoch nur in einer Dreifachinteraktion zu finden war (Hummer et al., 2017). Ansonsten konnte bei dermalen Applikation keinerlei AND-Effekte auf die Wachsamkeit festgestellt werden (Frey, 2012; Jacob & McClintock, 2000). Nur bei der Präsentation von kristallinem AND, ohne dass dieses Kontakt zur Haut hatte, konnte beobachtet werden, dass weniger Fragen zu einem zuvor präsentierten traurigen Film beantwortet werden konnten, jedoch die Gedächtnisleistung durch AND bei einem fröhlichen und sexuell erregenden Film unbeeinflusst blieb (Bensafi et al., 2004a). Zusammengefasst zeigte sich nur bei diesem Fall ein klarer, objektiver Einfluss auf die Gedächtnisleistung von AND. Da es zu wenige Studien gibt, ist es unmöglich davon abzuleiten, ob die dermale Applikation oder die Vermeidung einer dermalen Absorption essentiell für den Effekt von AND auf die Wachsamkeit ist.

Dabei bleibt auch offen, ob andere Verhaltensaspekte unterschiedlich durch AND beeinflusst werden, wenn eine dermale Applikation vorliegt oder genau diese vermieden wird. Eine dermale Absorption von AND kann nicht ausgeschlossen werden, denn das Propylenglykol, in dem AND oft zu Studienzwecken gelöst wird, gilt als Penetrationenhancer. Propylenglykol kann durch Eigenpenetration in die Haut auch Wirkstoffe mittransportieren (Bendas et al., 1995), somit womöglich auch AND. Somit besteht die Möglichkeit, dass die AND-Wirkung verstärkt wird, da es über zwei Wege wirken könnte. Bisher konnten sowohl eine Beeinflussung durch AND, welches so verabreicht wurde, dass eine dermale Absorption nicht vermieden wurde, bezüglich Attraktivitätsbewertung und Partnerwahl bei beiden Geschlechtern (Ferdenzi et al., 2016; Parma et al., 2012; Saxton et al., 2008b) als auch keine signifikante Beeinflussung (Frey, 2012; Hare et al., 2017; Lundstrom & Olsson, 2005; Saxton et al., 2008a; Saxton et al., 2008b) festgestellt werden.

Auch bei AND-Studien, welche sich mit der emotionalen Reizverarbeitung beschäftigten und eine dermale Absorption von AND verhinderten konnte bei beiden Geschlechtern sowohl eine AND-spezifische Wirkung nachgewiesen



werden (Frey et al., 2012; Hornung et al., 2017; Hornung et al., 2019; Hornung et al., 2018b; Ye et al., 2019) als auch keine (Frey, 2012; Hornung et al., 2018a; Hornung et al., 2017; Hornung et al., 2019; Ye et al., 2019).

Dadurch besteht der Verdacht, dass eine mögliche dermale Absorption keine maßgebliche Rolle spielt, ob AND eine Wirkung zeigt.

Allerdings ist es auffällig, dass AND-Effekte gezeigt werden konnten, wenn dieses in kristalliner Form für wenige Atemzüge vor der Stimuluspräsentation oder der Studienaufgabe präsentiert wurde (Bensafi et al., 2004a; Huoviala & Rantala, 2013) und nicht signifikante, aber sichtbare Effekte, wenn es vor der Aufgabe als 650 µM Lösung gerochen wurde (Perrotta et al., 2016). In den beiden erst genannten Fällen wurde die Versuchs- und Kontrolllösung für eine bestimmte Anzahl von Atemzügen eingeatmet und somit sehr bewusst verarbeitet. Obwohl nur für kurze Zeit und nicht während der Aufgabe AND gerochen wurde, zeigte es dennoch Wirkung. Möglicherweise wird durch diese Methode mehr AND eingeatmet und gelangt eventuell mehr auf die Riechschleimhaut, wenn es tief eingeatmet wird. Auch wenn es über einen konstanten Luftstrom durch ein Olfaktometer präsentiert wird, zeigt AND Effekte auf die motorische Reaktion, allerdings keine Auswirkung auf die Bewertung der Annehmlichkeit und Intensität fröhlicher und wütender Cartoongesichter (Frey, 2012).

Somit scheint AND konstantere Wirkungen zu zeigen, wenn es bewusst tief eingeatmet wird und weniger konstant, wenn es – auch über den ganzen Versuch hinweg – passiv eingeatmet wird. Jedoch bleibt offen, ob die scheinbar konstanten Effekte von AND mit dem bewussten Einatmen dieser Verbindung in kausalem Zusammenhang steht. Des Weiteren gilt dabei zu beachten, ob das Bewusstsein des Riechens oder die größere Verwirbelung des Luftstromes durch tiefes Atmen und somit die höhere Konzentration von AND auf der Riechschleimhaut für die sichtbaren AND-Effekte verantwortlich ist.

### **Welchen Einfluss hat der Menstruationszyklus auf die Effekte von AND auf Frauen?**

Bedauerlicherweise berichten nicht alle Autoren über die Zyklusphase, in der sich ihre Probandinnen während der Studiendurchführung befanden oder ob diese

orale Kontrazeptiva einnahmen. Doch genau dies kann eine denkbare Auswirkung auf AND-Effekte ausüben. Denn es konnten bereits sowohl für Gerüche, die rein olfaktorisch als auch für Gerüche, die auch eine Wirkung über den N. trigeminus haben können, unterschiedliche Geruchsempfindlichkeiten während des Menstruationszyklus gezeigt werden. So zeigten Frauen in der Follikelphase höhere Empfindlichkeit, haben also einen geringeren Schwellwert als während der Lutealphase (Derntl et al., 2013; Grillo et al., 2001). Dies konnte in einer anderen Studie so zwar nicht repliziert werden, da diese keine signifikanten Unterschiede in den Schwellwerten gegenüber Essigsäureamylester bei Frauen in der Luteal- und Follikelphase finden konnten, allerdings zeigte diese Studie auf, dass Frauen während der Ovulation den geringsten Schwellwert erreichten und während der Menstruation den höchsten Schwellwert hatten (Navarrete-Palacios et al., 2003). Somit zeigen alle drei Studien, dass sich die olfaktorische Leistung über den Zyklus einer Frau verändert. Außerdem konnte bereits eine positive Korrelation zwischen der Dauer der Einnahme von Einphasenpillen und der olfaktorischen Leistung gefunden werden (Derntl et al., 2013).

Neben der Veränderung in der Riechleistung während des Zyklus, besteht auch die Möglichkeit, dass die hedonische Wahrnehmung gerade von AND während der Ovulation verändert wird, da bereits gezeigt werden konnte, dass Androstenon von Frauen während der Ovulation als angenehmer empfunden wurde (Hummel et al., 1991).

Allerdings konnten bei der Betrachtung der Ergebnisse in Bezug auf die Menstruationszyklusphasen Widersprüche festgestellt werden: So wurde berichtet, dass Frauen, die zwischen dem 1.-5. beziehungsweise 16.-28. Tag ihres Zyklus an der Studie teilnahmen, Frauengesichter signifikant weniger attraktiv bewerteten, wenn sie AND rochen (Parma et al., 2012). Allerdings sollen Frauen, die ebenso in der unfruchtbaren Zyklusphase waren, Frauengesichter signifikant attraktiver bewertet haben (Ferdenzi et al., 2016). In beiden Studien wurden die individuelle Zykluslänge und der erste Tag der letzten Periode der Frauen erfasst. Zwar wurde jeweils nicht das Geschlecht des Versuchsleiters angegeben und auch die Probandinnenanzahl unterscheidet sich mit 52 (Parma

et al., 2012) und 20 (Ferdenzi et al., 2016) Frauen in der unfruchtbaren Zyklusphase. Dies wirft die Überlegung auf, dass ein weiterer, nicht beachteter Faktor oder sogar mehrere Faktoren für diese offenbar widersprüchlichen Ergebnisse verantwortlich sein könnten, wie beispielsweise die Einschätzung der eigenen Attraktivität, der eigene Beziehungsstatus oder auch die Attraktivität des Versuchsleiters. Nachgewiesen werden konnte schon, dass Frauen, die sich selbst als überdurchschnittlich attraktiv sehen, männlichere und symmetrische Gesichtsformen bei Männern bevorzugen als Frauen, die sich weniger attraktiv finden (Little et al., 2001).

Nichts desto trotz besteht auch die Möglichkeit, dass die Erfassung der individuelle Zykluslänge und die Umrechnung in den standardisierten 28 Tage Zyklus, wie es in einigen Studien auch gemacht wurde (Ferdenzi et al., 2016; Parma et al., 2012) zu ungenau ist. Eine bessere Einschätzung kann sicherlich erzielt werden, wenn die Frauen nicht nur ihre Zykluslänge angeben, sondern auch mehrere Zyklen vor und der Zyklus nach der Durchführung der Studie von den Autoren erfasst wird, wie es auch in AND-Studien bereits Anwendung fand (Hornung et al., 2018b). Um mögliche hormonelle Variationen noch weiter reduzieren zu können, wäre es sicherlich von Vorteil, wenn auch objektive Messverfahren eingesetzt werden würden, wie Ovulationstests (Hummer et al., 2017; Jacob et al., 2002).

Da ein Ovulationstest das luteinisierende Hormon, welches den Eisprung auslöst im Urin misst, ist die Anwendung einfach und kein zusätzliches Labor notwendig. Außerdem kann somit vor Testung bestimmt werden, ob sich die Probandin in der periovulatorischen Phase ihres Zyklus befindet. Außerdem ist dies eine schmerzlose und nicht invasive Alternative zur Blutentnahme und Hormonbestimmung im Labor. Allerdings könnte durch die Blutentnahme außerdem die Konzentration von Östradiol, Progesteron und das follikelstimulierende Hormon bestimmt werden und somit die Zyklusphase objektiv bestimmt werden. Die Gruppen könnten aber erst mit Erhalt der Ergebnisse eingeteilt werden.

Aus diesen Gründen ist es für die AND-Forschung essentiell, dass der Zyklus der Frauen beziehungsweise die Einnahme oraler Kontrazeptiva erhoben und bei den Analysen beachtet wird.

**Welchen Einfluss hat es, wenn alle ProbandInnen die Studie mit dem Versuchs- und Kontrollstoff (Messwiederholung) durchführen im Vergleich zu Studien, welche Versuchs- und Kontrollgruppen (cross-sektional) bilden?**

In den vorliegenden Studien wurden die ProbandInnen entweder mehrmals eingeladen, an der Studie teilzunehmen, jeweils mit den Versuchs- und Kontrollstoffen oder die ProbandInnen wurden in Versuchs- und Kontrollgruppen eingeteilt. Bei den Aufgaben der Verhaltensstudien kann ein Übungseffekt auf keinen Fall ausgeschlossen werden, weshalb die Applikation der Versuchs- oder Kontrolllösung jeweils in pseudorandomisierter Reihenfolge angewandt wurde. Es konnten unterschiedliche Verhaltensweisen erkannt werden, die davon abhängig waren, ob AND am jeweiligen ersten oder zweiten Versuchstag des Probanden verwendet wurde (Banner et al., 2018).

Bei den hier eingeschlossenen Verhaltensstudien konnten zwar keine konstanten Zusammenhänge zwischen diesem innerhalb einer Person (within) und Zwischensubjekt (between) Studiendesign festgestellt werden, da in beiden Designs von AND-spezifischen Effekten berichtet werden konnte, oder diese in den Analysen keine Signifikanz erreichten. Auffällig ist allerdings, dass bei Studien, welche auf Partnerwahl und Attraktivitätsbewertung abzielen, die AND-Effekte im Zusammenhang mit dem Studiendesign stehen könnten. Denn AND-Effekte konnten bei diesen Studien nur dann aufgezeigt werden, wenn die ProbandInnen entweder mit der AND-Lösung oder mit der Kontrolllösung die Studie durchliefen (Ferdenzi et al., 2016; Parma et al., 2012; Saxton et al., 2008a). Bei Studien, in denen ein/e ProbandIn die Aufgabe mit beiden Geruchslösungen durchlief, konnten bezüglich Attraktivitätsbewertungen und Partnerwahl keine AND-spezifische Effekte gefunden werden (Frey, 2012; Hare et al., 2017; Lundstrom & Olsson, 2005). Zugegeben, es konnten auch keine exklusiven AND-Effekte bei zwei Speed-Dating-Events gefunden werden, obwohl dort die Probandinnen nur mit einer, der Versuch- oder einer der beiden

Kontrolllösungen an der Veranstaltung teilnahmen (Saxton et al., 2008b). Dennoch steht die Vermutung im Raum, dass der Einfluss von AND auf Attraktivitätsbewertungen vor allem zu erkennen ist, wenn dafür Test- und Kontrollgruppen untersucht werden.

### **Conclusio**

Die berichteten Ergebnisse sind von Inhomogenität gekennzeichnet, weshalb keine generellen Aussagen getroffen werden konnten, welchen konsistenten Effekt AND auf das Verhalten von Menschen ausübt. Dies begründet sich in den unterschiedlichen Studiendesigns, die bislang veröffentlicht wurden, die sowohl Faktoren der Stichprobe, der Aufgabe, der Vorgabe, Konzentration und Präsentation von AND betreffen. Außerdem besteht zu befürchten, dass AND nicht das einzige wirkende Chemosignal ist, sondern zusammen mit einer Vielzahl anderer zusammenwirkt. Insofern wird eine Untersuchung einer singulären Ursache-Wirkung-Beziehung von AND der Komplexität womöglich nicht gerecht. Ungeachtet dessen stellt sich die kritische Frage, ob AND und andere Chemosignale im Zuge der Sprachevolution und mittlerweile hochentwickelten verbalen Kommunikation an möglicher Bedeutung für die Evolution verloren haben.

### III. Verhaltensstudie

#### 1. Einleitung

Gerüche haben einen starken Einfluss auf unseren Alltag. Sie sind in der Lage die körperlichen Leistungen, wie Laufgeschwindigkeit und Handgriffstärke (Raudenbush et al., 2001), Stimmung (Moss et al., 2003; Motomura et al., 2001), Aufmerksamkeit (Michael et al., 2003), und auch Verhaltensaspekte (Moss et al., 2003; Tubaldi et al., 2008) zu beeinflussen.

Dabei spielt es auch eine entscheidende Rolle, ob ein Geruch als angenehm oder unangenehm empfunden wird. So konnten komplexe Korrelationen zwischen der subjektiven Bewertung der gerochenen Substanzen und der objektiven Leistung festgestellt werden: ProbandInnen hatten signifikant längere RZ, wenn sie nach Wasser einem unangenehmen Geruch ausgesetzt waren. Die Autoren vermuten, dass die ProbandInnen durch diesen unangenehmen Geruch abgelenkt waren (Ilmberger et al., 2001). Außerdem verringert ein unangenehmer Geruch die Berührungsannehmlichkeit, wobei ein angenehmer Geruch dies nicht signifikant verändert im Vergleich zu der geruchslosen Kontrolle (Croy et al., 2014). Frauen bewerteten männliche Gesichter als weniger attraktiv, wenn sie einem unangenehmen Geruch ausgesetzt waren im Vergleich zu einem angenehmen Geruch oder neutraler Luft. Interessanterweise war es nicht relevant, ob der unangenehme Geruch eine Körperrelevanz hatte oder nicht (Dematte et al., 2007). Allerdings konnte gezeigt werden, dass Ekel und Angst von Männern auf Frauen allein über den entsprechenden Körpergeruch übertragen werden können. Wurde Frauen männlicher Schweiß präsentiert, der gesammelt wurde, während diese Ekel empfunden hatten, so zeigten die Frauen eher einen Gesichtsausdruck des Ekels als der Angst. Zudem zeigten die Frauen beim Riechen von männlichem Angstschweiß ängstliche Gesichtsausdrücke (de Groot et al., 2012). Überdies hatten Frauen, die männlichen Angstschweiß rochen, eine höhere Zustandsangst als wenn sie neutralen Körpergeruch der Männer rochen (Albrecht et al., 2011).

Wie im Teil I, dem systematischen Review ausführlich dargestellt, ist Androstadienon (AND) ein menschlicher und sozial relevanter Duftstoff. Zusammenfassend sei an dieser Stelle wiederholt, dass AND bereits im

apokrinen Schweiß von Männern und einer Frau (Gower et al., 1994) beziehungsweise im axillären Schweiß, leider ohne Angabe des Geschlechts der Probanden (Labows, 1988), in Achselhaaren von Männern (Mallet et al., 1988; Nixon et al., 1988), auf der Achselhaut bei Männern (Gower et al., 1994), im Blutplasma von Männern (Brooksbank et al., 1969) sowie im Sperma (Kwan et al., 1992) gefunden wurde.

Eine 250  $\mu\text{M}$  AND-Lösung, die mit Propylenglykol verdünnt wurde, beschreiben die meisten Menschen als geruchslos. Einige Männer beschreiben es jedoch als schwach nach Reinigungsalkohol, Chemielabor oder Spülmittel riechend und einige Frauen beschrieben es als leicht moschusartig oder mit „wie ein männlicher Mitbewohner“ oder mit „Kleidung“ (Jacob & McClintock, 2000). Darüber hinaus vergaben wenige Probandinnen einer 250  $\mu\text{M}$  AND-Lösung, die mit Propylenglykol verdünnt und mit 1% Eugenol gedeckt wurde, die Deskriptoren „menschlicher Schweiß“ und „Urin“ (Lundstrom et al., 2003a). Dies wurde auch bei anderen Studien gefunden, z.B. „Urin, Babywindeln“, „Babys“ und „Nelken, muffig/dreckig“ (Saxton et al., 2008b) oder auch die Angabe „Ohrenschmalz“ oder „maskuliner Geruch“ (Ferdenzi et al., 2016). Unmaskiertes AND wird sowohl von Frauen als auch von Männern als schweißig und algenartig beschrieben (Kraft & Popaj, 2004).

Wurde dieses putative Chemosignal in einer Lösung mit Propylenglykol und Moschusöl von ProbandInnen während einer emotionalen Dotprobe Aufgabe (eDOT) gerochen, so konnte beobachtet werden, dass die ProbandInnen zum einen eine statistische Tendenz zu höheren Schwierigkeiten sich von der Emotion Angst zu lösen und andererseits, dass Angst eine höhere Aufmerksamkeitsverzerrung hervorrief, als wenn die ProbandInnen die Lösung ohne AND gerochen hatten. Es konnte allerdings keine generell höhere Aufmerksamkeitsverzerrung unter AND als unter der Kontrolllösung festgestellt werden (Hornung et al., 2019).

Darüber hinaus hatte die AND-Lösung in einem emotionalen Stroop Test (eStroop) keine signifikanten Auswirkungen auf die RZ. Allerdings konnte festgestellt werden, dass die ProbandInnen mit AND weniger Fehler gemacht hatten als ohne (Hornung et al., 2018b).

Es konnte bereits gezeigt werden, dass die Bewertung von AND bezüglich Annehmlichkeit Einflüsse auf die Partnerwahl hat. So bewerteten Frauen maskulinere Gesichter eher geeignet für eine Langzeitbeziehung je angenehmer sie AND empfanden (Cornwell et al., 2004).

Basierend auf diesen Ergebnissen und auch den Berichten, dass unangenehme Gerüche Verhaltensleistungen bzw. Einschätzungen beeinflussen können (Dematte et al., 2007; Ilmberger et al., 2001), wird die Hypothese aufgestellt, dass AND auch in Verhaltensaufgaben unterschiedliche Einflüsse, sowohl qualitativer als auch quantitativer Art, auf ProbandInnen hat, die den Geruch als angenehm oder unangenehm empfinden. Um dies zu untersuchen wurden hier die schon publizierten Daten der Verhaltensstudie von Hornung et al (Hornung et al., 2017; Hornung et al., 2019; Hornung et al., 2018b) nochmals unter dem Gesichtspunkt betrachtet, ob die erbrachten Leistungen im eDOT und dem eStroop davon beeinflusst sind, ob die ProbandInnen AND als angenehm oder unangenehm eingeschätzt hatten.

## **2. Material und Methoden**

### **2.1. Versuchspersonen**

Insgesamt wurden 80 ProbandInnen an der Eberhard Karls Universität in Tübingen durch Informationsblätter angeworben. Allerdings mussten drei Personen aufgrund hoher Werte im Depressionsinventar (BDI-II) und eine Frau, da sie in ihrer pillenfreien Woche gemessen wurde, ausgeschlossen werden. Außerdem musste eine Frau aufgrund unvollständiger Daten vom eStroop und vier Personen aufgrund unvollständiger Datensätze vom eDOT ausgeschlossen werden. Somit konnten in die finalen statistischen Analysen der eDOT Aufgabe 72 ProbandInnen (45 Frauen, Alter:  $23.7 \pm 3.0$  Jahre; 27 Männer, Alter:  $25.0 \pm 3.6$  Jahre) und beim eStroop 75 ProbandInnen (48 Frauen,  $24.0 \pm 3.2$  Jahre; 27 Männer,  $25.0 \pm 3.6$  Jahre) eingeschlossen werden. Die Frauen, die an dieser Studie teilnahmen, hatten entweder einen natürlichen Menstruationszyklus oder nahmen orale Kontrazeptiva ein. In wie weit sich die beiden Geschlechter und die beiden Frauen-Gruppen in ihren Leistungen in dieser Verhaltensstudie



unterschieden, wurde bereits veröffentlicht (Hornung et al., 2019; Hornung et al., 2018b), weshalb darauf hier nicht näher eingegangen wird.

Die ProbandInnen waren zwischen 18 und 35 Jahre alt, heterosexuell, ihre Muttersprache war Deutsch und sie rauchten weniger als fünf Zigaretten pro Woche. Außerdem verfügten die Studienteilnehmenden über einen normalen Geruchssinn. Die vorhandene Normosmie der ProbandInnen wurde durch einen Geruchstest (MONEX 40) (Freiherr et al., 2012) bestätigt. Außerdem litt keine/r der ProbandInnen an aktuellen oder vergangenen psychischen oder neurologischen Erkrankungen oder befand sich deshalb in Behandlung, was sowohl durch das durchgeführte strukturierte klinische Interview für DSM-IV, SKID (Wittchen et al., 1997) als auch durch das Beck-Depressions-Inventar (BDI-II) (Hautzinger et al., 2006) überprüft wurde. Darüber hinaus wurde mit den ProbandInnen die Toronto Alexithymia Scale (TAS) als psychometrisch fundiertes Maß für Alexithymie durchgeführt (Taylor et al., 1990). Weitere Ausschlusskriterien waren sowohl für Männer als auch für Frauen die Einnahme jeglicher Medikamente oder Hormone, mit Ausnahme oraler Kontrazeptiva bei Frauen.

Die Teilnehmenden an dieser Studie wurden gebeten, an den Tagen der Messungen weder Parfüm aufzulegen noch zu rauchen. Darüber hinaus wurden sie angewiesen, eine Stunde vor der Messung nichts außer Wasser zu sich zu nehmen.

Alle ProbandInnen gaben vor Versuchsbeginn eine schriftliche Einwilligung zur Teilnahme und erhielten nach der Teilnahme an beiden Messtagen eine finanzielle Aufwandsentschädigung. Die Prüfung des Studienprotokolls erfolgte durch die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Eberhard Karls Universität Tübingen, die dieses genehmigte (AZ 495/2015BO1). Die Studie wurde in der Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie der Universität Tübingen durchgeführt.

## **2.2. Gerüche**

Wie es auch schon in anderen Studien Anwendung fand (Chung et al., 2016a; Chung et al., 2016b), wurde auch hier eine 250µM AND-Lösung aus AND

(Reinheit von AND  $\geq$  99%; Steraloids Inc., Newport, RI, USA), welches in Propylenglykol, einer relativ geruchslosen und atoxischen Flüssigkeit gelöst und mit 1% Moschusöl (Sigma-Aldrich, Deisendorf, Deutschland) maskiert wurde, hergestellt. Eine Konzentration von 250  $\mu$ M AND wurde bereits in vielen weiteren Studien angewandt (Banner et al., 2018; d'Ettorre et al., 2018; Ferdenzi et al., 2016; Frey et al., 2012), da der absolute Schwellenwert für AND bei 211  $\mu$ M liegt, wobei bei männlichen Probanden der absolute Schwellenwert bei 251  $\mu$ M zu verzeichnen war (Lundstrom et al., 2003b). Die Kontrolllösung wurde dahingegen ohne AND hergestellt und bestand lediglich aus 1% Moschusöl, welches mit Propylenglykol verdünnt wurde.

Zur Präsentation der beiden Geruchslösungen wurden jeweils 100  $\mu$ l auf ein nur in eine Richtung permeables Wattepad pipettiert und dieses auf die Oberlippe, direkt unter die Nase angebracht (siehe Geruchsapplikation, Abbildung 9). Es wurde ein nur in eine Richtung permeables Trägermaterial verwendet, um eine transdermale Absorption zu verhindern.

### **2.3. Versuchsablauf**

Jede/r TeilnehmerIn nahm an zwei aufeinanderfolgenden Tagen zur gleichen Uhrzeit an der Studie teil. Zuerst mussten die ProbandInnen die Einwilligungserklärung ausfüllen. Danach wurde mit den ProbandInnen das Strukturierte Klinische Interview durchgeführt (Wittchen et al., 1997). Darauffolgend wurde den ProbandInnen entweder die Versuchslösung oder die Kontrolllösung in pseudorandomisierter Reihenfolge appliziert und eine circa siebenminütige Stimmungsabfrage durchgeführt. Im Anschluss daran absolvierten die ProbandInnen die beiden Aufmerksamkeitsparadigmen, den eDOT und den eStroop, was ungefähr 28 Minuten in Anspruch nahm. Nach Beendigung der beiden Aufmerksamkeitsparadigmen, deren Reihenfolge über die TeilnehmerInnen ausgeglichen war, bewerteten die ProbandInnen die an dem Tag verwendete Geruchslösung nach Annehmlichkeit, Vertrautheit und Intensivität auf einer visuellen Analogskala. Die Skala ging von 0, die für „überhaupt nicht“ bis 10, die für „sehr“ stand.

Nach einer zweiten Stimmungsabfrage wurden dann abschließend olfaktorische und neuropsychologische Tests durchgeführt. Der Versuchsablauf ist in Abbildung 9 dargestellt.

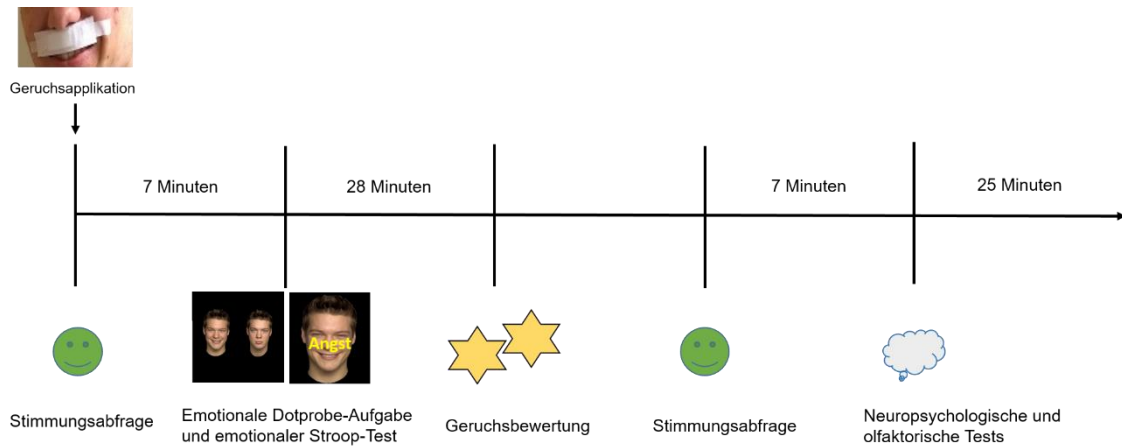


Abbildung 9: Versuchsablauf: die Zeitangaben geben die jeweilige Dauer der Abschnitte an

Die Ergebnisse der soziodemographischen Daten, der Stimmungsabfragen sowie der neuropsychologischen und olfaktorischen Tests sind hier nicht beschrieben, sondern im Rahmen einer anderen Dissertation veröffentlicht worden (Hornung et al., 2017; Hornung et al., 2019; Hornung et al., 2018b).

## 2.4. Verhaltensaufgaben

Die ProbandInnen führten an beiden Versuchstagen sowohl einen eDOT als auch einen eStroop durch. Die Reihenfolge, in der diese beiden Verhaltensaufgaben erledigt wurden, war zwischen den ProbandInnen ausgeglichen. Beide Aufmerksamkeitsaufgaben wurden mit der Presentation®-Software (Version 17.0, Neurobehavioral Systems, Albany CA, USA) auf einem Intel Celeron G1840 Desktop-Computer durchgeführt. Die TeilnehmerInnen saßen etwa 70 cm entfernt vor einem 21.5-Zoll-Monitor (BenQ G2222 HDL) mit einer Bildwiederholrate von 60 Hertz.

Die Illustrationen der beiden Aufmerksamkeitsaufgaben sind der Abbildung 10 zu entnehmen.

#### **2.4.1. Emotionale Dotprobe Aufgabe (eDOT)**

Wie es auch schon in anderen Studien angewandt wurde (Koster et al., 2004; Pfabigan et al., 2014), kam auch hier eine Modifikation der ursprünglichen Dotprobe Aufgabe (MacLeod et al., 1986) zum Einsatz.

Für den eDOT wurde von je sieben Männern und Frauen aus der FACES-Datenbank (Ebner et al., 2010) je ein Bild mit einem neutralen, ärgerlichen, fröhlichen und ängstlichen Gesichtsausdruck ausgewählt.

Jeder Durchgang begann mit einem weißen Fixationskreuz, welches für 500ms auf einem schwarzen Hintergrund präsentiert wurde. Danach wurden zwei Bilder desselben Schauspielers für 500ms präsentiert, wobei ein Bild auf der linken und das andere auf der rechten Seite des Bildschirms zu sehen war. Die beiden Bilder wurden durch einen weißen Punkt, der entweder auf der linken oder rechten Seite des Bildes erschien, ersetzt. Die Aufgabe der ProbandInnen war es so schnell wie möglich anzugeben, auf welcher Seite der Punkt erschien. Die ProbandInnen gaben die Position des Punktes durch Drücken der Cursorstasten auf einer Standardtastatur an. 1500ms nach Erscheinen des weißen Punktes, verschwand dieser wieder und der Durchgang endete mit der erneuten Präsentation eines weißen Fixationskreuzes mit der zufälligen Dauer von 750-1000ms.

Die emotionalen Gesichtsausdrücke wurden jeweils mit dem neutralen Gesichtsausdruck der gleichen Person präsentiert, wobei es auch Durchgänge gab, bei denen beide Gesichtsausdrücke neutral waren. Somit wurden folgende Kombinationen verwendet: ärgerlich – neutral, fröhlich – neutral, ängstlich – neutral und neutral – neutral. Die emotionalen Gesichtsausdrücke gepaart mit den neutralen Gesichtsausdrücken wurden jeweils 56 Mal präsentiert, in der Hälfte der Fälle erschien der Punkt auf der Seite des emotionalen Gesichtsausdrucks und in der anderen Hälfte erschien der Punkt auf der Seite des neutralen Gesichtsausdrucks. Das Paar neutral – neutral wurde 28 Mal präsentiert. Insgesamt durchliefen die ProbandInnen 196 Durchgänge. Sowohl die Position des emotionalen Gesichts als auch die Position des darauffolgenden weißen Punktes wurden pseudorandomisiert bestimmt, damit auf jede Bedingung genauso oft eine andere Bedingung folgte. Bei kongruenten Durchgängen

erschien der Punkt auf der Seite des emotionalen Bildes und bei inkongruenten auf der des neutralen Gesichtsausdrucks. Wurden zwei neutrale Gesichtsausdrücke nebeneinander in einem Durchgang gezeigt, so wurde diese Unterscheidung nicht gemacht.

Vor Beginn der eigentlichen Aufgabe durften die ProbandInnen acht Übungsdurchgänge absolvieren. Hierfür wurden ausschließlich neutrale Gesichtsausdrücke von einer Frau und einem Mann, deren Bilder später nicht verwendet wurden, genutzt.

#### **2.4.2. Emotionaler Stroop Test (eStroop)**

Ähnlich zu der Modifikation des klassischen Farbwort-Paradigmas (Etkin et al., 2006), welche auch in ähnlicher Weise bereits Anwendung fand (Chechko et al., 2012), wurden auch hier emotionale Wörter als Distraktoren verwendet, die teilweise ein Gesicht überdeckten.

Es wurde von insgesamt sechs Männern und sechs Frauen aus der FACES-Datenbank (Ebner et al., 2010) jeweils ein Bild mit einem ärgerlichen, fröhlichen und ängstlichen Gesichtsausdruck ausgewählt. Die ProbandInnen wurden gebeten, die Emotion des gezeigten Gesichtsausdrucks so schnell wie möglich per Tastendruck anzugeben, wobei das Gesicht mit einem der Wörter „Ärger“, „Freude“ oder „Angst“ teilweise bedeckt war und entweder zum gezeigten Gesichtsausdruck passte oder nicht. Beschrieb das Wort den Gesichtsausdruck der Person, so galt es als ein kongruenter Durchgang, wohingegen der Durchgang als inkongruent galt, wenn das Wort, welches über das Gesicht gelegt war, nicht zum gezeigten Gesichtsausdruck passte.

Jeder Durchgang begann mit einem weißen Fixationskreuz, welches für 1000ms auf einem schwarzen Hintergrund präsentiert wurde. Danach wurde für 1000ms der von den ProbandInnen zu identifizierende Gesichtsausdruck mit einem Distraktor-Wort, also mit einem kongruenten oder inkongruenten Substantiv gezeigt. Jeder Durchgang endete mit einer erneuten Präsentation eines Fixationskreuzes in der Mitte des Bildschirms mit einer zufälligen Dauer von zwischen 750ms und 1000ms.

Alle daraus resultierenden Kombinationen zwischen den emotionalen Gesichtern und Wörtern wurden verwendet: kongruent ängstlich, inkongruent ängstlich, kongruent glücklich, inkongruent glücklich, kongruent ärgerlich und inkongruent ärgerlich. Jede dieser Kombinationen wurde 24 Mal verwendet, was zu je 72 kongruenten beziehungsweise inkongruenten Durchgängen führte. Die Reihenfolge der Durchgänge war pseudorandomisiert.

Damit sich die Teilnehmenden mit der Aufgabenstellung vertraut machen konnten, durften sie 24 Übungsdurchgänge vor Beginn der eigentlichen Aufgabe machen. Durch die Übungsdurchgänge wurden alle Kombinationen von Wort-Gesicht-Paaren, die in der tatsächlichen Aufgabe vorkamen, abgedeckt. Für die Gesichtsausdrücke bei den Übungsdurchgängen wurde je ein Bild einer Frau und eines Mannes verwendet, deren Gesichter später nicht verwendet wurden.

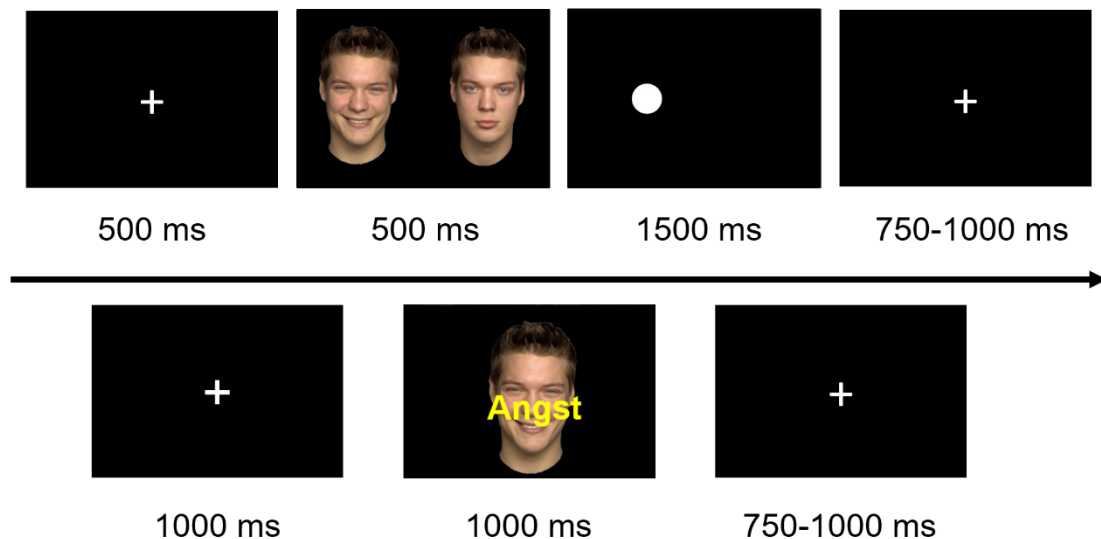


Abbildung 10: Ablauf der Durchgänge beim eDOT (oben) und des eStroops (unten) (adaptiert nach Hornung et al., 2017)

Im gegebenen Beispiel ist der Durchgang beim eDOT kongruent, da der Punkt anstelle des emotionalen Gesichtsausdrucks zum Vorschein kam. Beim eStroop ist hier das Beispiel eines inkongruenten Durchganges zu sehen, da das Wort „Angst“ nicht zum fröhlichen Gesichtsausdruck passt.

## **2.5. Olfaktorische Tests**

### **2.5.1. Schwellentest**

Der Schwellentest wurde am Tag, an dem die Kontrolllösung präsentiert wurde, durchgeführt, um die individuelle Empfindlichkeit der ProbandInnen gegenüber AND zu ermitteln. Wie der Schwellentest bereits in ähnlicher Weise durchgeführt wurde (Burke et al., 2012), wurden den Teilnehmenden auch hier jeweils drei Fläschchen mit Propylenglykol (Sigma-Aldrich) randomisiert präsentiert, wobei nur eines zusätzlich AND enthielt. Die Konzentration von AND nahm in sieben Stufen von 0.00001mM bis 10mM zu. Die ProbandInnen wurden aufgefordert das Fläschchen, welches anders roch als die anderen beiden, zu benennen und mussten auch immer eine Antwort geben. Wurde eine falsche Antwort gegeben, wurde den ProbandInnen die nächst höhere Konzentration von AND präsentiert und bei einer richtigen Antwort die gleiche Konzentration. Sobald vier richtige Antworten hintereinander gegeben wurden oder die ProbandInnen bei der höchsten Konzentration, also bei der 10mM AND-Lösung eine falsche Antwort gaben, wurde der Test beendet. Die Stufe, bei der AND sicher erkannt wurde, diente bei jeder/m ProbandInnen als Schwellwert. Falls AND bereits bei geringer Konzentration richtig aus Propylenglykol erkannt werden konnte, spricht dies für eine bessere individuelle Empfindlichkeit gegenüber AND.

### **2.5.2. Diskriminationstest**

An dem Versuchstag wurde ebenfalls ein Diskriminationstest durchgeführt, um zu überprüfen, ob die Teilnehmenden die Kontrolllösung von der AND-Lösung unterscheiden können. Wie es auch schon in anderen Studien angewandt wurde (Ferdenzi et al., 2016; Lundstrom et al., 2003a), sollte auch hier durch einen Diskriminationstest die Effizienz der Geruchsdeckung herausgefunden werden. Dafür wurden drei gleiche Fläschchen verwendet, wobei zwei die Kontrolllösung, also 1% Moschusöl in Propylenglykol und eines die Versuchslösung, also 250µM AND gelöst in Propylenglykol und 1% Moschusöl enthielten. Um herauszufinden, ob die ProbandInnen die beiden Lösungen unterscheiden konnten, wurden ihnen viermal die drei Fläschchen zu riechen gegeben und sie mussten sagen, welche Flüssigkeit in den Fläschchen anders riecht als die anderen beiden. Je öfter die

ProbandInnen in diesen vier Durchgängen die richtige Antwort geben konnten, desto höher war ihre individuelle Diskriminationsfähigkeit. Es ist zu beachten, dass die ProbandInnen bei jedem Durchgang eine Chance von  $\frac{1}{3}$  hatten, die richtige Antwort zu geben, auch wenn sie eigentlich die beiden Gerüche nicht voneinander unterscheiden konnten. Somit wurden ca. 1.33 der vier Durchgänge rein stochastisch gesehen richtig geraten, da  $4 \times \frac{1}{3} \approx 1.33$ .

#### **2.5.3. Identifikationstest**

Um die allgemeinen olfaktorischen Fähigkeiten der Teilnehmenden beurteilen zu können, wurde ebenso am Tag, an dem die Kontrolllösung angewandt wurde, ein Identifikationstest durchgeführt. Hierfür wurde jener erweiterte Identifikationstest verwendet, bei dem die ProbandInnen 40 verschiedene Gerüche identifizieren mussten. Dabei wurde den ProbandInnen jeweils eine Auswahl von vier Alltagsgerüchen zur Auswahl gegeben, wovon sie einen Geruchsdeskriptor auswählen mussten (Sniffin' Sticks) (Freiherr et al., 2012).

#### **2.6. Neuropsychologische Tests**

Um die kognitiven Grundfähigkeiten der ProbandInnen zu erfassen, wurden verschiedene neuropsychologische Tests mit ihnen durchgeführt. Um das verbale Intelligenzniveau sowie das Sprachverständnis einschätzen zu können, wurde der Wortschatztest eingesetzt (Schmidt & Metzler, 1992). Außerdem wurde der Trail Making Test zur Erfassung der kognitiven Verarbeitungsgeschwindigkeit sowie der visuomotorischen Geschwindigkeit (Reitan, 1992) und das Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar-2 zur Erfassung der Konzentrationsfähigkeit und Aufmerksamkeitsleistung (Moosbrugger & Oehlschlägel, 2011) durchgeführt.



## 2.7. Statistische Auswertung

### 2.7.1. Datenverarbeitung

Die grundsätzliche Datenverarbeitung vor den statistischen Analysen ist identisch wie in anderen Publikationen beschrieben (Hornung et al., 2019; Hornung et al., 2018b).

Nicht in die Analysen einbezogen wurden beim eDOT alle Durchgänge, bei denen die ProbandInnen eine falsche Antwort gaben. Dadurch mussten im Mittel  $\pm$  Standardabweichung  $2.5 \pm 4.4$  Durchgänge in der AND-Sitzung und  $2.1 \pm 2.6$  Durchgänge in der Kontrolllösungs-Sitzung pro ProbandIn ausgeschlossen werden. Danach wurden alle Durchgänge verworfen, deren Reaktionszeiten (RZ) mehr als zwei Standardabweichungen von den Mittelwerten der/s jeweiligen ProbandInnen für jede Bedingung, also getrennt nach kongruenten und inkongruenten Durchgängen, abwichen. Der Mittelwert der Anzahl der Ausreißerwerte war während der Präsentation der AND-Lösung  $11.4 \pm 4.8$  und während der Präsentation der Kontrolllösung  $11.3 \pm 4.3$ .

Beim eStroop wurden sowohl die RZ der Fehlerdurchgänge als auch jene, die schneller als 200ms waren, verworfen. Aufgrund der falschen Antworten mussten im Mittel  $11.8 \pm 8.1$  in der AND-Bedingung und  $12.6 \pm 10.2$  in der Kontrolllösungssitzung ausgeschlossen werden.

Wie auch beim eDOT wurden hier die RZ, die mehr als zwei Standardabweichungen von den jeweiligen Mittelwerten der jeweiligen ProbandInnen für jede Bedingung abwichen, als Ausreißerwerte ausgeschlossen. Durch diesen Ausschluss mussten im Mittel  $6.3 \pm 1.6$  Durchgänge in der AND-Sitzung und  $6.1 \pm 1.9$  Durchgänge der Kontrolllösungs-Sitzung für die statistischen Analysen verworfen werden.

Beim Vergleich der gemachten Fehler wurde jeweils die Anzahl aller falsch beantworteten Durchgänge verwendet.

### 2.7.2. Statistische Analysen

Die statistischen Analysen wurden mit der Software SPSS 26 (IBM) durchgeführt. Die statistische Signifikanz wurde auf  $\alpha=.05$  festgelegt. Post-hoc-Tests wurden mit Bonferroni für Mehrfachvergleiche korrigiert. Falls die Annahme auf

Sphärizität verletzt wurde, kam die Greenhouse-Geisser Korrektur zur Anwendung. Bei mangelnder Varianzhomogenität wurde an Stelle der t-Tests ein Welch-Test beziehungsweise ein Wilcoxon-Test durchgeführt.

Die ProbandInnen wurden in zwei Gruppen aufgeteilt. Dazu wurde der Median der Bewertung, wie angenehm die AND-Lösung empfunden wurde als Trennwert verwendet. Diese Einschätzung (Annehmlichkeit) wurde mittels einer visuellen Analogskala erfasst.

### **2.7.2.1. Statistische Analysen des eDOT**

Für die Analysen der RZ wurden jeweils die Durchschnittswerte der jeweiligen ProbandInnen verwendet, das heißt, die Zeit die sie benötigten, um zu identifizieren, auf welcher Seite der Punkt auf dem Bildschirm erschien. Die Berechnung fand mittels messwiederholter ANOVA statt, welche die Innersubjektfaktoren Kongruenz (kongruenter vs. inkongruenter Durchgang), Emotion (Ärger vs. Furcht vs. Freude) und Geruch (AND vs. Kontrolllösung) und die Zwischensubjektfaktoren Gruppe (AND angenehm vs. AND unangenehm) und Geschlecht (Frau vs. Mann) aufwiesen.

Außerdem wurden die durchschnittlichen RZ für kongruente beziehungsweise inkongruente Durchläufe dazu genutzt, verschiedene Aufmerksamkeits-Scores zu errechnen, wie es auch schon in anderen Studien Anwendung fand (Pfabigan et al., 2014; Salemink et al., 2007).

Die Aufmerksamkeits-Scores wurden in folgender Weise berechnet:

Bias Index (BI) = RZ (inkongruente Durchläufe) - RZ (kongruente Durchläufe)

Orienting Index (OI) = RZ (neutrale Durchläufe) - RZ (kongruente Durchläufe)

Disengagement Index (DI) = RZ (inkongruente Durchläufe) - RZ (neutrale Durchläufe)

Der BI gibt eine allgemeine Tendenz wieder, wie sehr der/die ProbandIn durch eine emotionale Information, hier ein emotionaler Gesichtsausdruck, beeinflusst wird. Positive Werte für den BI sprechen für längere RZ in den inkongruenten, im Vergleich zu den kongruenten Durchläufen. Der OI drückt die Tendenz aus, wie stark die Aufmerksamkeit auf den emotionalen Stimulus gelenkt wird. Sind die Werte für den OI positiv, so spiegelt dies eine höhere Aufmerksamkeit für

emotionale Stimuli wider. Dagegen erfasst der DI die Schwierigkeit, die Aufmerksamkeit von einem emotionalen Stimulus zu lösen. Positive Werte vermitteln dafür größere Mühen (Hornung et al., 2019).

Für jeden dieser Aufmerksamkeits-Scores wurden (3 x 2 x 2 x 2) ANOVAs mit den Innersubjektfaktoren Emotion (Ärger, Furcht, Freude) und Geruch (AND-Lösung, Kontrolllösung) berechnet. Die Zwischensubjektfaktoren waren die Gruppe (AND unangenehm, AND angenehm) und das Geschlecht (Mann, Frau).

### 2.7.2.2. Statistische Analysen des eStroops

Sowohl die durchschnittlichen RZ als auch die gemachten Fehler wurden jeweils in einer fünf-faktoriellen ANOVA mit den Innersubjektfaktoren Kongruenz (kongruent, inkongruent), Emotion (Freude, Ärger, Angst) und Geruch (AND, Kontrolllösung) sowie den Zwischensubjektfaktoren Gruppe (AND angenehm, AND unangenehm) und Geschlecht (Mann, Frau) miteinander verglichen.

## 3. Ergebnisse

### 3.1. Geruchsbewertung

Beim eDOT konnten die Ergebnisse von 72 ProbandInnen in die finalen Analysen einbezogen werden. Die Bewertung der AND-Lösung dieser ProbandInnen bezüglich Annehmlichkeit auf einer visuellen Analogskala zwischen 0 und 10 ergab einen Median von 6.85. Somit wurden jeweils 36 ProbandInnen den Gruppen zugeordnet, die AND als angenehm beziehungsweise unangenehm bewerteten. Die Kreuztabelle (Tabelle 4) spiegelt wider, wie viele Männer beziehungsweise Frauen der jeweiligen Gruppe zugehören.

*Tabelle 4: Anzahl der Männer und Frauen, die jeweils in die Gruppen „AND unangenehm“ und „AND angenehm“ eingeteilt wurden, deren Ergebnisse im eDOT in die finalen Analysen eingeschlossen wurden*

		AND unangenehm	AND angenehm	Gesamt
Geschlecht	Männer	16	11	27
	Frauen	20	25	45
Gesamt		36	36	72

Beim eStroop konnten die Ergebnisse von 75 ProbandInnen in die finalen Analysen eingeschlossen werden. Der Median der Bewertungen der AND-Lösung bezüglich Annehmlichkeit war 7.0. Fünf der ProbandInnen gaben genau diesen Wert auf der visuellen Analogskala an. Diese wurden der Gruppe zugeteilt, welche die AND-Lösung als angenehmer empfanden. Somit wurden 37 ProbandInnen der Gruppe zugeteilt, die AND als weniger angenehm bewerteten und 38 ProbandInnen der Gruppe, die AND als angenehm bewerteten. Die Kreuztabelle (Tabelle 5) quantifiziert den Anteil männlicher und weiblicher Probanden in den beiden Gruppen.

*Tabelle 5: Anzahl der Männer und Frauen, die jeweils in die Gruppen „AND unangenehm“ und „AND angenehm“ eingeteilt wurden, deren Ergebnisse im eStroop in die finalen Analysen eingeschlossen wurden*

		AND unangenehm	AND angenehm	Gesamt
Geschlecht	Männer	16	11	27
	Frauen	21	27	48
Gesamt		37	38	75

Die Bewertungen der Annehmlichkeit der AND-Lösung und der Kontrolllösung sind hochsignifikant stark positiv miteinander korreliert (Bewertung der 75 ProbandInnen:  $r = .783$ ,  $p < .001$ ).

Die Abbildungen 11 und 12 zeigen die Verteilungen der Bewertung der AND-Lösung und der Kontrolllösung aufgeteilt nach Geschlecht für die 75 ProbandInnen, welche im eStroop berücksichtigt werden konnten.

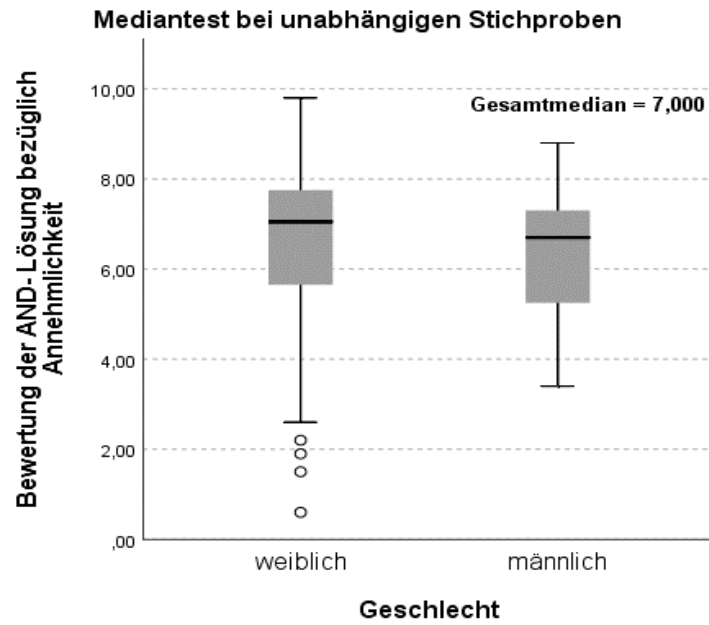


Abbildung 11: Bewertung der AND-Lösung bezüglich Annehmlichkeit für die beiden Geschlechter

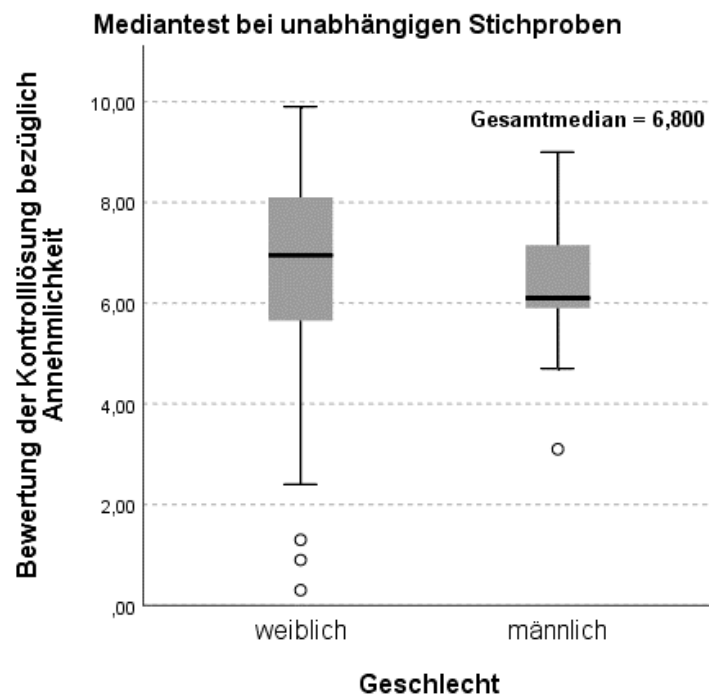


Abbildung 12 Bewertung der Kontrolllösung bezüglich Annehmlichkeit für die beiden Geschlechter

### 3.2. Einfluss der Annehmlichkeit auf die Leistung im eDOT

Zusätzlich zu den bereits veröffentlichten Ergebnissen der Verhaltensstudie (Hornung et al., 2019) wird hier vorgestellt, welchen Einfluss die Annehmlichkeit der AND-Lösung auf die Leistung im eDOT hat.

#### Reaktionszeiten (RZ)

Im Allgemeinen konnte ein signifikanter Haupteffekt der Kongruenz festgestellt werden,  $F(1, 68) = 12.351, p = .001, \eta^2 = 0.154$ , was sich durch schnellere RZ bei kongruenten als bei inkongruenten Durchgängen darstellt ( $p < .001$ ). Außerdem konnte ein signifikanter Haupteffekt der Emotion auf die Reaktionsgeschwindigkeit festgestellt werden,  $F(2, 136) = 14.702, p < .001, \eta^2 = 0.178$ , wobei die RZ bei Angst signifikant langsamer als bei Ärger ( $p < .001$ ) und Freude ( $p < .001$ ). Die Reaktionsgeschwindigkeiten bei Ärger und Freude unterschieden sich hingegen nicht signifikant voneinander ( $p = .258$ ). Es konnten keine Haupteffekte von Geruch,  $F(1, 68) = 0.135, p = .715$ , Geschlecht,  $F(1, 68) = 0.037, p = .849$ , und Gruppe  $F(1, 68) = 0.326, p = .570$ , festgestellt werden. Es konnte eine signifikante Interaktion zwischen Kongruenz \* Emotion festgestellt werden,  $F(2, 136) = 12.822, p < .001, \eta^2 = 0.159$ . Ein t-Test für gepaarte Stichproben zeigte, dass sich die RZ bei kongruenten und inkongruenten Durchgängen signifikant unterscheiden, wenn die Emotion Angst präsentiert wurde ( $p < .001$ ), jedoch nicht bei Ärger ( $p = .510$ ) oder Freude ( $p = .568$ ).

Weiterhin zeigte sich eine signifikante Interaktion zwischen Emotion \* Geruch,  $F(2, 136) = 3.355, p = .038, \eta^2 = 0.047$ , wobei sich die Reaktionsgeschwindigkeiten bei den drei Emotionen unabhängig vom präsentierten Geruch unterschieden, da sich die RZ für Ärger, Freude und Angst jeweils im Vergleich zwischen den beiden Gerüchen nicht signifikant unterschieden ( $.650 \leq p \leq .878$ ). Bei beiden Geruchspräsentationen war die Reaktionsgeschwindigkeit bei Angst signifikant langsamer im Vergleich zu Freude (AND:  $p < .001$ ; Kontrolllösung:  $p = .013$ ) und Ärger (AND:  $p < .001$ ; Kontrolllösung:  $p = .010$ ), wobei sich aber Freude und Ärger nicht signifikant voneinander unterschieden (AND:  $p = .139$ ; Kontrolllösung:  $p = .974$ ).

Darüber hinaus war auch die Interaktion zwischen Kongruenz \* Emotion \* Geruch,  $F(2, 136) = 4.485, p = .013, \eta^2 = 0.062$ , signifikant. Um diese signifikante

Dreifachinteraktion zu entschlüsseln, wurden emotionsspezifische 2x2 ANOVAs durchgeführt. Für die glücklichen und ärgerlichen Gesichtsausdrücke konnten weder signifikante Haupt- noch Interaktionseffekte festgestellt werden ( $F_s < 2.083$ ,  $p_s > .153$ ). Ausschließlich für ängstliche Gesichtsausdrücke konnte ein signifikanter Haupteffekt der Kongruenz,  $F(1, 71) = 36.917$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = 0.342$  festgestellt werden. Der Haupteffekt des Geruchs bei ängstlichen Gesichtsausdrücken wurde nicht signifikant,  $F(1, 71) = 0.208$ ,  $p = .650$ . Allerdings konnte ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen Kongruenz \* Geruch,  $F(1, 71) = 7.217$ ,  $p = .009$ ,  $\eta^2 = 0.092$ , festgestellt werden. Ein t-Test für verbundene Stichproben zeigt, dass sich die RZ zwischen den Geruchslösungen bei den Angst-Gesichtern weder bei den kongruenten ( $p = .825$ ) noch bei den inkongruenten ( $p = .283$ ) Durchgängen unterscheiden. Sowohl unter Einfluss von AND als auch unter der Kontrolllösung, waren die ProbandInnen bei kongruenten Durchgängen bei den Angst-Gesichtern schneller als bei inkongruenten (AND:  $p < .001$ ; Kontrolllösung:  $p = .005$ ).

Außerdem wurden geruchsspezifische 3x2 ANOVAs durchgeführt. Für AND konnte ein signifikanter Haupteffekt der Kongruenz,  $F(1,71) = 10.715$ ,  $p = .002$ ,  $\eta^2 = 0.131$ , der Emotion,  $F(2,142) = 15.008$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = 0.174$ , und ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen Kongruenz \* Emotion,  $F(2,142) = 17.295$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = 0.196$  festgestellt werden. Bei der Präsentation von AND konnte nur bei Angst ( $p < .001$ ) gezeigt werden, dass die RZ für kongruente Durchgänge schneller waren als bei inkongruenten, aber nicht bei Freude ( $p = .526$ ) und Ärger ( $p = .735$ ). Es zeigte sich, dass bei der Präsentation von AND sich die RZ bei den verschiedenen Emotionen nicht untereinander unterscheiden, wenn es sich um kongruente Durchgänge handelte (Ärger:  $p = .903$ ; Freude:  $p = .265$ ; Angst:  $p = .376$ ). Bei inkongruenten Durchgängen ergab sich bei der Präsentation von AND jedoch ein signifikanter Unterschied sowohl zwischen Angst und Ärger ( $p < .001$ ), als auch zwischen Angst und Freude ( $p < .001$ ), aber nicht zwischen Ärger und Freude ( $p = .238$ ). Bei der Präsentation der Kontrolllösung konnte ein signifikanter Haupteffekt der Kongruenz,  $F(1, 71) = 8.223$ ,  $p = .005$ ,  $\eta^2 = 0.104$ , und der Emotion,  $F(2,142) = 4.797$ ,  $p = .010$ ,  $\eta^2 = 0.063$ , jedoch kein signifikanter Interaktionseffekt von Kongruenz \* Emotion,

$F(2,42) = 1.085, p=.341$ , festgestellt werden. Die ProbandInnen reagierten unter Einfluss der Kontrolllösung signifikant schneller bei kongruenten Durchgängen als bei inkongruenten ( $p = .005$ ). T-Tests für verbundene Stichproben zeigten auf, dass die RZ bei Angst-Gesichtern unter Einfluss der Kontrolllösung signifikant langsamer waren im Vergleich zu den ärgerlichen ( $p = .010$ ) und fröhlichen ( $p = .013$ ) Gesichtern, sich aber zwischen den ärgerlichen und fröhlichen Gesichtern nicht unterschieden ( $p = .974$ ).

Außerdem konnte eine signifikante Interaktion zwischen Kongruenz \* Geruch \* Geschlecht festgestellt werden,  $F(1, 68) = 5.737, p = .019, \eta^2 = 0.078$ . Sowohl Frauen als auch Männer waren bei kongruenten Durchgängen insgesamt schneller als bei inkongruenten Durchgängen (Frauen:  $p = .002$ ; Männer:  $p = .038$ ). Männer zeigten unter Einfluss von AND einen stärkeren Anstieg der RZ bei inkongruenten im Vergleich zu kongruenten Durchgängen, als dies bei der Kontrolllösung der Fall war. Frauen zeigten hingegen einen stärkeren Anstieg der RZ bei inkongruenten als bei kongruenten Durchgängen unter Einfluss von der Kontrolllösung, im Vergleich zu AND. Jedoch erreichte dieser Unterschied keine statistische Signifikanz (Kongruenz \* Geruch: Frauen:  $p = .258$ ; Männer:  $p = .102$ ), vermutlich aufgrund der Streuung der RZ.

Insgesamt konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen, welche die AND-Lösung als angenehm respektive unangenehm empfanden, gefunden werden,  $F(1, 68) = 0.326, p = .570$  (alle Interaktionen  $p > .645$ ). In anderen Worten: die Gruppe, welche die AND-Lösung als angenehmer empfand, unterschied sich hinsichtlich der Leistung im eDOT in keiner der unterschiedlichen Konditionen signifikant von der Gruppe, welche die AND-Lösung als unangenehm bewertete.

### **Bias Index (BI)**

Im Allgemeinen konnte festgestellt werden, dass die Aufmerksamkeit stark von den präsentierten Emotionen beeinflusst wurde, was durch einen Haupteffekt der Emotion,  $F(2, 136) = 12.822, p < .001, \eta^2 = 0.159$ , angezeigt wird. Dieser spiegelt eine erhöhte Aufmerksamkeitsverzerrung für ängstliche im Vergleich zu ärgerlichen ( $p < .001$ ) und glücklichen Gesichtsausdrücken ( $p < .001$ ) wider, während zwischen ärgerlichen und fröhlichen Gesichtsausdrücken für die



Aufmerksamkeitsverzerrung keine signifikanten Unterschiede bestehen ( $p=.856$ ). Ein Haupteffekt des Geruchs konnte nicht festgestellt werden,  $F(1, 68) = 0.997, p = .322$ . Jedoch wurde der Haupteffekt der Emotion durch die Geruchspräsentation moduliert, was durch die signifikante Interaktion zwischen Emotion \* Geruch angezeigt wird,  $F(2, 136) = 4.485, p = .013, \eta^2 = 0.062$ . Dabei konnte festgestellt werden, dass die Aufmerksamkeitsverzerrung für ängstliche Gesichtsausdrücke signifikant größer war, wenn AND präsentiert wurde als in der Kontrolllösungssitzung ( $p = .009$ ). Dieser Unterschied bei der Geruchspräsentation konnte bei den anderen beiden Emotionen nicht gezeigt werden ( $.153 \leq p \leq .225$ ). Darüber hinaus zeigte sich, dass nur unter Einfluss von AND, aber nicht unter der Kontrolllösung ( $.177 \leq p \leq .955$ ) die Aufmerksamkeitsverzerrung bei der Präsentation von Angst signifikant größer war, im Vergleich zu Freude ( $p < .001$ ) oder Ärger ( $p < .001$ ), wobei sich die Aufmerksamkeitsverzerrung zwischen Freude und Ärger nicht unterschied ( $p = .849$ ).

Zusätzlich konnte eine signifikante Interaktion zwischen Geruch \* Geschlecht festgestellt werden,  $F(1, 68) = 5.737, p = .019, \eta^2 = 0.078$ . Allerdings konnte sowohl innerhalb (Frauen:  $p = .258$ ; Männer:  $p = .102$ ) als auch zwischen den Geschlechtern (AND:  $p = .341$ ; Kontrolllösung:  $p = .100$ ) kein signifikanter Unterschied in der Aufmerksamkeitsverzerrung mit beiden Gerüchen festgestellt werden.

Insgesamt konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen, welche die AND-Lösung als angenehm respektive unangenehm empfand, gefunden werden: Gruppe  $F(1, 68) = 0.213, p = .646$ , Emotion \* Gruppe  $F(2, 136) = 0.309, p = .734$ , Geruch \* Gruppe  $F(1, 68) = 2.695, p = .105$ .

### **Orienting Index (OI)**

Es konnten keine Haupteffekte festgestellt werden, welche die Aufmerksamkeit auf den emotionalen Stimulus gelenkt haben, Emotion,  $F(2, 136) = 0.586, p = .558$  und Geruch,  $F(1, 68) = 0.581, p = .449$ .

Bei der Untersuchung, wie der OI durch die einzelnen Faktoren beeinflusst wurde, ergab sich eine signifikante Interaktion zwischen Emotion \* Geruch \* Geschlecht \* Gruppe,  $F(2, 136) = 3.507, p = .033, \eta^2 = 0.049$ . Frauen, welche die

AND-Lösung als unangenehm empfanden, hatten einen signifikant geringeren OI in der AND-Sitzung als in der Kontrollsituation, jedoch nur bei der Präsentation von Freude ( $p = .010$ ). Bei den Männern konnte kein Unterschied zwischen den Geruchspräsentationen und Gruppen beim OI bei der Präsentation von Freude festgestellt werden ( $.337 \leq p \leq .513$ ). In der Gruppe der Personen, die AND als unangenehm empfanden, zeigten Frauen einen signifikant höheren OI für Freude im Vergleich zu Männern in der Sitzung mit der Kontrolllösung ( $p = .040$ ), aber nicht in der AND-Sitzung ( $p = .212$ ).

### **Disengagement Index (DI)**

Die Schwierigkeit, die Aufmerksamkeit von einem emotionalen Stimulus zu lösen, die im DI abgebildet werden soll, wurde maßgeblich von der präsentierten Emotion beeinflusst, was durch einen Haupteffekt der Emotion angezeigt wird,  $F(2, 136) = 31.562, p < .001, \eta^2 = 0.317$ . Dies spiegelt ein höheres DI bei Angst im Vergleich zu Freude ( $p < .001$ ) und Ärger ( $p < .001$ ) wider. Der DI zwischen Freude und Ärger unterschied sich dagegen nicht signifikant ( $p = .424$ ). Ansonsten konnten keine signifikanten Haupteffekte festgestellt werden, Geruch,  $F(1, 68) = 0.002, p = .965$ .

Der Haupteffekt der Emotion wurde durch die verschiedenen Geruchspräsentationen beeinflusst, was durch die signifikante Interaktion zwischen Emotion \* Geruch angezeigt wird,  $F(2, 136) = 6.322, p = .002, \eta^2 = 0.085$ . Sowohl unter dem Einfluss von AND als auch unter der Kontrolllösung war der DI bei der Präsentation von Angst signifikant größer als bei der Präsentation von Freude (AND:  $p < .001$ ; Kontrolllösung:  $p = .009$ ) oder Ärger (AND:  $p < .001$ , Kontrolllösung:  $p = .021$ ), jedoch nicht signifikant unterschiedlich zwischen Ärger und Freude (AND:  $p = .238$ ; Kontrolllösung:  $p = .989$ ). Es konnte kein signifikanter Unterschied des DI zwischen den Geruchskonditionen für keine der Emotionen, Ärger ( $p = .0819$ ), Freude ( $p = .255$ ), Angst ( $p = .092$ ), festgestellt werden.

Es wurde kein Gruppeneffekt,  $F(1, 68) = 0.114, p = .737$ , sowie keine signifikanten Interaktionen Emotion \* Gruppe  $F(2, 136) = 0.026, p = .975$ , und Geruch \* Gruppe  $F(1, 68) = 0.367, p = .547$ , gefunden.

### 3.3. Einfluss der Annehmlichkeit auf die Leistung im eStroop

Wie auch bei den Ergebnissen des eDOT wurden die Daten des eStroops bereits publiziert (Hornung et al., 2018b). Neu ist die Analyse des Gruppeneffekts (AND angenehm vs. unangenehm) auf die Leistung im eStroop.

#### Reaktionszeiten (RZ)

Die RZ im eStroop wurden maßgeblich davon beeinflusst, ob es sich um einen kongruenten oder inkongruenten Durchgang handelte, was durch einen signifikanten Haupteffekt der Kongruenz angezeigt wird,  $F(1, 71) = 135.234, p < .001, \eta^2 = 0.656$ . Die ProbandInnen waren insgesamt signifikant schneller bei kongruenten als bei inkongruenten Durchgängen ( $p < .001$ ).

Außerdem zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Emotion,  $F(2, 142) = 104.000, p < .001, \eta^2 = 0.594$ . Die RZ waren für Angst langsamer als für Ärger ( $p < .001$ ) und Freude ( $p < .001$ ) und auch für Ärger langsamer als für Freude ( $p < .001$ ). Es zeigte sich kein Gruppeneffekt,  $F(1, 71) = 0.024, p = .876$ , und auch keine signifikanten Interaktionen Emotion \* Gruppe  $F(2, 142) = 0.107, p = .899$ , oder Geruch \* Gruppe  $F(1, 71) = 0.018, p = .893$ .

#### Fehlerraten

Auch hier zeigte sich ein Haupteffekt der Kongruenz,  $F(1, 71) = 80.532, p < .001, \eta^2 = 0.531$ . Insgesamt machten die ProbandInnen signifikant weniger Fehler, wenn das Wort über dem Gesicht zu dem zu identifizierenden Gesichtsausdruck passte ( $p < .001$ ). Darüber hinaus waren die Fehlerraten auch von der zu erkennenden Emotion abhängig, was ein Haupteffekt der Emotion anzeigt,  $F(2, 142) = 27.934, p < .001, \eta^2 = 0.282$ . Die ProbandInnen machten signifikant weniger Fehler im eStroop, wenn sie die Emotion Freude richtig benennen sollten, im Vergleich zu Ärger ( $p < .001$ ) oder Angst ( $p < .001$ ). Dabei unterschieden sich die Fehlerraten zwischen Ärger und Angst nicht signifikant ( $p = .905$ ).

Außerdem zeigte sich eine signifikante Interaktion der Variablen Kongruenz \* Emotion,  $F(2, 142) = 8.224, p < .001, \eta^2 = 0.104$ . Bei allen Emotionen wurden bei kongruenten Durchgängen weniger Fehler gemacht als bei inkongruenten (jeweils  $p < .001$ ). Außerdem wurde sowohl bei kongruenten als auch bei inkongruenten Durchgängen die Emotion Freude signifikant öfter als richtig

erkannt als Angst oder Ärger (jeweils  $p < .001$ ). Jedoch unterschied sich die Fehleranzahl zwischen der Benennung von Ärger und Angst weder bei kongruenten noch inkongruenten Durchgängen signifikant (kongruent:  $p = .607$ ; inkongruent:  $p = .808$ ).

Des Weiteren wurde eine signifikante Interaktion zwischen Kongruenz \* Emotion \* Geschlecht,  $F(2, 142) = 4.803, p = .010, \eta^2 = 0.063$ , angezeigt. Um diese dreifach-Interaktion näher zu analysieren, wurde eine geschlechtsspezifische ANOVA gerechnet. Dabei wurden bei beiden Geschlechtern die Haupteffekte Kongruenz und Emotion als auch die Interaktion dieser beiden Haupteffekte signifikant. Sowohl Männer als auch Frauen machten bei kongruenten Durchgängen signifikant weniger Fehler als bei inkongruenten (jeweils  $p < .001$ ). Auch machten beide Geschlechter signifikant weniger Fehler bei der Erkennung von der Emotion Freude im Vergleich zu Ärger (jeweils  $p < .001$ ) oder Angst (Frauen:  $p < .001$ ; Männer:  $p = .004$ ), wobei sie sich jeweils nicht in der Fehleranzahl beim Erkennen von Ärger und Angst unterschieden (Frauen:  $p = .647$ ; Männer:  $p = .795$ ). Diese Beobachtung konnte auch weiterhin bei einer kongruenzspezifischen ANOVA gemacht werden, bei der nur der Haupteffekt der Emotion Signifikanz,  $F(2, 142) = 27.934, p < .001, \eta^2 = 0.282$ , erreichte. In Tabelle 6 sind die p-Werte getrennt nach Kongruenz und Geschlecht für die jeweiligen Vergleiche der Fehlerraten der verschiedenen Emotionen zu entnehmen.

Tabelle 6: p-Werte für die Unterschiede in der Fehleranzahl zwischen den Emotionen, getrennt nach kongruenten und inkongruenten Durchgängen und Geschlecht  
Signifikante p-Werte sind mit \* gekennzeichnet.

		Frauen	Männer
<b>Kongruent</b>	Angst / Freude	< .001 *	.008 *
	Freude / Ärger	< .001 *	.004 *
	Ärger / Angst	.900	.420
<b>Inkongruent</b>	Angst / Freude	< .001 *	.006 *
	Freude / Ärger	< .001 *	< .001 *
	Ärger / Angst	.426	.229

## 4. Diskussion

### Welchen Einfluss hat AND auf Personen, welche die Geruchslösung als angenehm oder unangenehm empfinden?

Bei der erneuten statistischen Analyse der Verhaltensstudie sollte untersucht werden, welchen Einfluss AND auf Menschen hat, je nach ihrer subjektiven Wahrnehmung, wie angenehm sie diesen Geruch empfanden. Der einzige Gruppenunterschied, der gefunden werden konnte, zeigte sich beim eDOT in einer vierfach-Interaktion zwischen Emotion \* Geruch \* Geschlecht \* Gruppe bei der Untersuchung des Orientierung Index (OI), welcher die Tendenz ausdrückt, wie stark die Aufmerksamkeit auf den emotionalen Stimulus gelenkt wird. Dabei zeichnete sich ab, dass Frauen, welche die AND-Lösung als unangenehm empfanden, einen kleineren OI für die Emotion Freude hatten, wenn sie die AND-Lösung gerochen hatten, als wenn sie der Kontrolllösung ausgesetzt waren. Da der OI die Differenz von der Reaktionsgeschwindigkeit der neutralen Durchgänge und der kongruenten Durchgänge ist, ergibt sich bei diesen Frauen eine schnellere Orientierung zur Emotion Freude mit AND als ohne. Außerdem zeigten diese Frauen eine langsamere Orientierung zur Freude als die Männer, welche auch die AND-Lösung als unangenehm empfanden, aber nur während der Kontrolllösungssitzung. Diese Unterschiede konnten in der Gruppe der Personen, welche die AND-Lösung als angenehm empfanden nicht beobachtet werden.

Da beim eDOT ansonsten nicht aufgezeigt werden konnte, dass die Aufmerksamkeitslenkung der ProbandInnen durch fröhliche Gesichtsausdrücke besonders beeinflusst wurde, in dieser Interaktion keine klare Auswirkung von AND zu erkennen und dieser Gruppenunterschied ausschließlich in dieser vierer Interaktion zu sehen ist, muss davon ausgegangen werden, dass AND keine unterschiedliche Wirkung auf Personen hat, welche die hier verwendete AND-Lösung als angenehm oder unangenehm empfanden.

Diese Aussage wird durch eine weitere Studie unterstützt, in der die wahrgenommene Annehmlichkeit einer 250 µM AND-Lösung, welche mit Eugenol maskiert wurde, keinen Einfluss auf das Verhalten in der Aufgabe hatte (Banner et al., 2018). Darüber hinaus konnten auch in anderen Studien AND-spezifische Ergebnisse gefunden werden, auch wenn die ProbandInnen die Versuchs- und Kontrolllösungen als gleich angenehm wahrnahmen (Frey et al., 2012; Jacob et al., 2002), was ebenso darauf schließen lässt, dass die Bewertung der Annehmlichkeit von AND keine Rolle spielte.

#### **Unterscheiden sich ProbandInnen insgesamt in ihren Leistungen, wenn sie einen für sie angenehmen oder unangenehmen Geruch riechen?**

Die Wirkung von AND zeigt sich unabhängig von der wahrgenommenen Annehmlichkeit, da die Bewertungen der Kontrolllösung hoch signifikant positiv mit jener der AND-Lösung korreliert und dennoch AND-spezifische Effekte gefunden werden konnten. Dies steht im Einklang mit anderen Studien, bei denen die 250 µM AND-Lösung und Kontrolllösung von den ProbandInnen bezüglich Annehmlichkeit nicht signifikant unterschiedlich bewertet wurden, aber dennoch AND-spezifische Effekte gezeigt werden konnten (Ferdenzi et al., 2016; Frey et al., 2012; Huoviala & Rantala, 2013). Daraus kann geschlossen werden, dass die Effekte, die von AND hervorgerufen werden, nicht davon abhängig sind, wie angenehm dieses bewusst empfunden wird, wenn es durch einen anderen Geruchsstoff maskiert wird.

Da die ProbandInnen einer Gruppe sowohl die Versuchs- als auch die Kontrolllösung als ähnlich angenehm beziehungsweise unangenehm empfanden, besteht die Überlegung, dass sich die beiden Gruppen in beiden Sitzungen voneinander unterscheiden könnten. In anderen Worten: wären

generell unterschiedlich RZ der Gruppen beobachtet worden, hätte eine Auswirkung der subjektiven Wahrnehmung des Geruchs demonstrieren werden können. Da subjektiv als unangenehm wahrgenommene Gerüche das sympathische Nervensystem aktivieren können (Hirasawa et al., 2019), hätten in beiden Sitzungen schnellere RZ der Gruppe, welche die AND-Lösung und die Kontrolllösung als unangenehm empfanden beobachtet werden müssen, oder in beiden Sitzungen langsamere Reaktionsgeschwindigkeiten, da ebenfalls längere Reaktionszeiten beobachtet werden konnten, wurde ein unangenehmer Geruch wahrgenommen (Ilmberger et al., 2001).

Allerdings besteht auch die Möglichkeit, dass trotz allem die subjektive Wahrnehmung der Lösungen eine Rolle gespielt haben könnte, da in dieser Studie kein neutraler Kontrollgeruch verwendet wurde, sondern der Kontrollgeruch ebenso mit Moschusöl maskiert wurde. Somit besteht die Möglichkeit, dass durch die Wahrnehmung des Geruchs die Reaktionszeiten in die gleiche Richtung verschoben wurden. Denn es konnte bereits gezeigt werden, dass bei einfachen Aufgaben die RZ sowohl bei unangenehmen als auch bei angenehmen Umgebungsgerüchen signifikant verringert wurden im Vergleich zur geruchslosen Bedingung (Millot et al., 2002). Jedoch bleibt es somit immer noch unwahrscheinlich, dass die subjektive Wahrnehmung der AND-Lösung maßgeblich dazu beiträgt, wie AND auf die Personen wirkt.

Um allerdings die letzten Zweifel ausräumen zu können, wäre es notwendig neben der Kontrolllösung auch eine geruchslose Lösung, oder noch besser eine allgemein als angenehm und unangenehm wahrgenommene Lösung als Kontrolle zu verwenden. Dadurch könnte man sowohl die Ergebnisse unter Einfluss von unangenehmen und angenehmen Gerüchen, die keine Chemosignale sind, miteinander vergleichen. Darüber hinaus könnte man dann diese Ergebnisse mit denen unter Einfluss von AND im Gruppenvergleich, aufgeteilt nach der Bewertung der Annehmlichkeit des Geruchs, vergleichen.

#### **Welche Rolle spielt die Geruchsmaskierung?**

Zusätzlich bleibt zu beachten, dass beide Geruchslösungen hier mit Moschusöl maskiert wurden. Die ProbandInnen bewerteten vermutlich nur das Moschusöl

und nahmen das AND nicht bewusst wahr. Dies spricht dafür, dass AND unabhängig von der bewussten Wahrnehmung dieser Verbindung Effekte zeigt. Allerdings stellt sich die Frage, ob das in beiden Lösungen vorhandene Moschusöl eigene Einflüsse auf Menschen haben könnte, egal ob diese Moschusöl gerne riechen oder nicht. Jedoch konnten keine Effekte von Moschus auf die Stimmung oder Scharfsinnigkeit gezeigt werden (Jacob et al., 2002). Dennoch bleibt offen, ob es Auswirkungen auf die Verarbeitung von Emotionen hat.

Wenn man nun herausfinden möchte, ob auch der Eigengeruch von AND als solcher eine Auswirkung auf die Versuchspersonen hat, wäre es zweckmäßig AND nicht zu maskieren. Damit allerdings die Versuchs- und Kontrolllösungen dennoch nicht zu unterscheiden sind, müsste man einen Kontrollgeruch finden, der zumindest ähnlich riecht wie AND. Unmaskiertes AND hat einen nach Schweiß oder Algen riechenden Eigengeruch (Kraft & Popaj, 2004). Da AND in Schweiß vorkommt ist dies kein adäquater Kontrollgeruch. Dagegen würden sich Algen eher eignen. Allerdings würden mit hoher Wahrscheinlichkeit wieder diejenigen, welche den Geruch von AND als angenehm empfinden auch Algen so empfinden und umgekehrt. Nur wenn bei einer Gruppe eindeutige Auswirkungen von AND aufgezeigt werden könnten, könnte damit gezeigt werden, dass die Wahrnehmung der Annehmlichkeit des Geruchs von AND eine Rolle spielen würde.

Damit die Verunreinigung der Wahrnehmung der Annehmlichkeit auf die Ergebnisse herausgefiltert werden kann, wäre es zweckmäßig neben AND, eine geruchslose und auch angenehme und unangenehme Geruchslösung zu präsentieren. Dadurch würde man die allgemeine Auswirkung eines angenehmen und unangenehmen Geruchs im Vergleich zu keinem Geruch auf die Studienaufgabe festgestellt werden. Dabei sollte beachtet werden, dass keine Verbindungen zum Einsatz kommen, welche möglicherweise selbst ähnliche Effekte wie AND zeigen.

Nachteil von fünf Geruchslösungen ist allerdings, dass alle ProbandInnen entweder fünfmal zur Studie kommen, oder fünf Gruppen gebildet werden müssten. Bei der ersten Variante kann ein Übungseffekt auf keinen Fall



ausgeschlossen werden. Auch wenn dieser durch eine pseudorandomisierte Reihenfolge nivelliert werden soll, können die Ergebnisse dadurch verzerrt werden. Beispielsweise konnten unterschiedliche Verhaltensweisen erkannt werden, die davon abhängig waren, ob AND am jeweiligen ersten oder zweiten Versuchstag des Probanden verwendet wurde (Banner et al., 2018). Wenn dies schon bei zwei Sitzungen beziehungsweise zwei Lösungen zu beobachten ist, mag dies bei fünf Lösungen deutlicher ins Gewicht fallen. Wenn fünf Gruppen gebildet werden, welche die Studienaufgaben jeweils unter einer anderen Geruchslösung erfüllen, bräuchte man sehr viele ProbandInnen, da die Stichprobengröße einer der wichtigsten Faktoren für die statistische Power ist. Durch eine weitere Gruppeneinteilung nach ProbandInnen, welche AND als angenehm oder unangenehm empfinden, würden noch mehr ProbandInnen benötigt werden. Wollte man dies umsetzen, wären sehr viele Ressourcen notwendig.

#### **Limitationen**

Die ProbandInnen sollten auf einer visuellen Analogskala angeben, wie angenehm sie den präsentierten Geruch von 0 bis 10 empfanden. Für die spätere Gruppeneinteilung der ProbandInnen, ob sie den Geruch als angenehm oder unangenehm empfinden, wäre eine andere Abfragemethode sinnvoller gewesen. Beispielsweis hätte man sich an d'Ettorre et al. orientieren können. In diesem Fall wurde eine Skala von -2 bis +2 verwendet, wobei -2 für sehr unangenehm, -1 für unangenehm, 0 für neutral, +1 für angenehm und +2 für sehr angenehm stand (d'Ettorre et al., 2018). Dabei ist es eindeutig, ob ein/e ProbandIn die Lösung als unangenehm respektive angenehm empfindet, unabhängig davon, wie andere die Lösung bewerten.

In unserer Studie wurden die Gruppen danach eingeteilt, ob sie den Geruch unter oder über dem Median der Bewertungen aller ProbandInnen bewerteten. Dadurch kam es dazu, dass ein Proband einmal in die eine Gruppe und bei der anderen Aufgabe in die andere Gruppe eingeteilt wurde. Dies wäre bei einer Abfrage, ob der Geruch als (sehr) unangenehm/angenehm oder als neutral empfunden wird nicht der Fall gewesen. Außerdem hätte man auch den Median der Skala, die hier von 0 bis 10 ging, demnach 5 als Trennwert nehmen können.

Dadurch wären alle Personen, welche die AND-Lösung mit einem Wert unter 5 bewertet hätten in die Gruppe „unangenehm“ eingeteilt worden und jene, welche die AND-Lösung mit einem Wert von über 5 bewertet hätten, in die Gruppe „angenehm“ zusammengefasst worden. Personen, welche die Lösung mit 5 bewertet haben, hätte man entweder in die „angenehm“ oder „unangenehm“ Gruppe einteilen müssen, was wiederum willkürlich geschehen wäre.

#### **Conclusio**

Insgesamt konnte nicht gezeigt werden, dass die Einschätzung der Annehmlichkeit von AND einen Effekt auf die Leistung hat. Dadurch ist davon auszugehen, dass die Effekte von AND weniger davon abhängig sind, wie angenehm man dieses in einer Lösung mit einer Geruchsmaskierung empfindet. Aus diesem Grund kann die Inkonsistenz der Auswirkung von AND, wie im systematischen Review (Kapitel II) beschrieben, nicht wesentlich in der subjektiven Einschätzung der Annehmlichkeit von AND begründet liegen. Zumindest für emotionale Aufmerksamkeitsprozesse, wie hier untersucht, fanden sich keine Unterschiede.

## IV. Zusammenfassung

Androstadienon (AND) ist ein Chemosignal, das z.B. im menschlichen Körperschweiß vorkommt. Im Rahmen dieser Arbeit soll systematisch gesammelt werden, ob in der Literatur konsistente Einflüsse von AND auf bestimmte Verhaltensreaktionen bei Menschen aufgezeigt wurden bzw. ob und wie AND unter besonderen Voraussetzungen wirkt. Dies wurde mittels systematischem Review erzielt.

Mittels PRISMA Leitlinie wurde die Literatur strukturiert und analysiert. Die Ergebnisse von 24 Originalstudien, welche Verhaltensdaten unter Einfluss von AND veröffentlicht hatten, wurden in vier verschiedenen Kategorien miteinander verglichen: Auswirkungen auf das soziale Verhalten, auf die emotionale Reizverarbeitung bzw. Emotionsbewertung, auf die Attraktivitätsbewertung und Partnerwahl sowie Wachsamkeit und Gedächtnisleistung. Aufgrund unterschiedlicher Studiendesigns, unterschiedlicher Stichproben, Studienaufgaben, Konzentrationen und Präsentationen von AND sowie Inhomogenität der berichteten Ergebnisse konnte kein konsistenter Effekt von AND auf das Verhalten von Menschen aufgezeigt werden.

Zum anderen wurde die Frage gestellt, ob AND unterschiedliche Einflüsse auf Menschen hat, welche den Geruch von AND als angenehm oder unangenehm empfinden – hierfür wurden die Teilnehmenden einer Verhaltensstudie anhand Mediansplits hinsichtlich der Bewertung, wie angenehm sie die AND-Lösung empfunden haben, in zwei Gruppen geteilt und Unterschiede in Bezug auf zwei Aufmerksamkeitsprozesse untersucht. Vergleichbar zum systematischen Review konnte auch in der Verhaltensstudie kein konsistenter Effekt der subjektiv wahrgenommenen Annehmlichkeit von AND auf unterschiedliche Aufmerksamkeitsprozesse festgestellt werden.

Zusammenfassend zeigt sich eine Inkonsistenz der publizierten Auswirkung von AND im systematischen Review. In der eigenen Studie konnten wir keinen Effekt der Annehmlichkeit von AND auf Aufmerksamkeitseffekte zeigen. Es bleibt daher offen, welchen Effekt AND tatsächlich auf menschliches Verhalten ausübt und zukünftige Forschung wird zeigen, welchen (konsistenten) Einfluss Chemosignale auf die menschliche Kommunikation haben.

## V. Literaturverzeichnis

- Albrecht, J., Demmel, M., Schopf, V., Kleemann, A.M., Kopietz, R., May, J., Schreder, T., Zerneck, R., Brückmann, H., Wiesmann, M. (2011). Smelling chemosensory signals of males in anxious versus nonanxious condition increases state anxiety of female subjects. *Chem. Senses* 36: 19-27.
- Banner, A., Frumin, I., Shamay-Tsoory, S.G. (2018). Androstadienone, a Chemosignal Found in Human Sweat, Increases Individualistic Behavior and Decreases Cooperative Responses in Men. *Chem. Senses* 43: 189-196.
- Bendas, B., Schmalfuß, U., Neubert, R. (1995). Influence of propylene glycol as cosolvent on mechanisms of drug transport from hydrogels. *Int. J. Pharm.* 116: 19-30.
- Bensafi, M., Brown, W.M., Khan, R., Levenson, B., Sobel, N. (2004a). Sniffing human sex-steroid derived compounds modulates mood, memory and autonomic nervous system function in specific behavioral contexts. *Behav. Brain Res.* 152: 11-22.
- Bensafi, M., Brown, W.M., Tsutsui, T., Mainland, J.D., Johnson, B.N., Bremner, E.A., Young, N., Mauss, I., Ray, B., Gross, J., Richards, J., Stappen, I., Levenson, R.W., Sobel, N. (2003). Sex-steroid derived compounds induce sex-specific effects on autonomic nervous system function in humans. *Behav. Neurosci.* 117(6): 1125-1134.
- Bensafi, M., Tsutsui, T., Khan, R., Levenson, R.W., Sobel, N. (2004b). Sniffing a human sex-steroid derived compound affects mood and autonomic arousal in a dose-dependent manner. *Psychoneuroendocrinology* 29: 1290-1299.
- Boukroune, N., Wang, L., March, A., Walker, N., Jacob, T.J. (2007). Repetitive olfactory exposure to the biologically significant steroid androstadienone causes a hedonic shift and gender dimorphic changes in olfactory-evoked potentials. *Neuropsychopharmacology* 32: 1822-1829.
- Brody, B. (1975). The sexual significance of the axillae. *Psychiatry* 38: 278-289.
- Brooksbank, B.W., Cunningham, A.E., Wilson, D.A. (1969). The detection of androsta-4,16-dien-3-one in peripheral plasma of adult men. *Steroids* 13(1): 29-50.
- Burke, S.M., Veltman, D.J., Gerber, J., Hummel, T., Bakker, J. (2012). Heterosexual men and women both show a hypothalamic response to the chemo-signal androstadienone. *PLoS One* 7(7), e40993.
- Chapman, C.D., Benedict, C., Schiöth, H.B. (2018). Experimenter gender and replicability in science. *Sci. Adv.* 4(1), e1701427.
- Chechko, N., Kellermann, T., Zvyagintsev, M., Augustin, M., Schneider, F., Habel, U. (2012). Brain circuitries involved in semantic interference by

- demands of emotional and non-emotional distractors. *PLoS One* 7(5), e38155.
- Chung, K.C., Peisen, F., Kogler, L., Radke, S., Turetsky, B., Freiherr, J., Derntl, B. (2016a). The Influence of Menstrual Cycle and Androstadienone on Female Stress Reactions: An fMRI Study. *Front. Hum. Neurosci.* 10: 44.
- Chung, K.C., Springer, I., Kogler, L., Turetsky, B., Freiherr, J., Derntl, B. (2016b). The influence of androstadienone during psychosocial stress is modulated by gender, trait anxiety and subjective stress: An fMRI study. *Psychoneuroendocrinology* 68: 126-139.
- Cornwell, R.E., Boothroyd, L., Burt, D.M., Feinberg, D.R., Jones, B.C., Little, A.C., Pitman, R., Whiten, S., Perrett, D.I. (2004). Concordant preferences for opposite-sex signals? Human pheromones and facial characteristics. *Proc. R. Soc. Lond. B* 271: 635-640.
- Cowley, J.J., Johnson, A.L., Brooksbank, B.W. (1977). The effect of two odorous compounds on performance in an assessment-of-people test. *Psychoneuroendocrinology* 2: 159-172.
- Croy, I., D'Angelo, S., Olausson, H. (2014). Reduced pleasant touch appraisal in the presence of a disgusting odor. *PLoS One* 9(3), e92975.
- d'Ettorre, P., Bueno, S., Rodel, H.G., Megherbi, H., Seigneuric, A., Schaal, B., Roberts, S.C. (2018). Exposure to Androstenes Influences Processing of Emotional Words. *Front. Ecol. Evol.* 5: 169.
- de Groot, J.H., Smeets, M.A., Kaldewaij, A., Duijndam, M.J., Semin, G.R. (2012). Chemosignals communicate human emotions. *Psychol. Sci.* 23(11): 1417-1424.
- Dematte, M.L., Osterbauer, R., Spence, C. (2007). Olfactory cues modulate facial attractiveness. *Chem. Senses* 32: 603-610.
- Derntl, B., Schöpf, V., Kollndorfer, K., Lanzenberger, R. (2013). Menstrual cycle phase and duration of oral contraception intake affect olfactory perception. *Chem. Senses* 38: 67-75.
- Doty, R.L., Snyder, P.J., Huggins, G.R., Lowry, L.D. (1981). Endocrine, cardiovascular, and psychological correlates of olfactory sensitivity changes during the human menstrual cycle. *J. Comp. Physiol. Psychol.* 95(1): 45-60.
- Ebner, N.C., Riediger, M., Lindenberger, U. (2010). FACES--a database of facial expressions in young, middle-aged, and older women and men: development and validation. *Behav. Res. Methods* 42(1): 351-362.
- Etkin, A., Egner, T., Peraza, D.M., Kandel, E.R., Hirsch, J. (2006). Resolving emotional conflict: a role for the rostral anterior cingulate cortex in modulating activity in the amygdala. *Neuron* 51(6): 871-882.
- Ferdenzi, C., Delplanque, S., Atanassova, R., Sander, D. (2016). Androstadienone's influence on the perception of facial and vocal attractiveness is not sex specific. *Psychoneuroendocrinology* 66: 166-175.

- Filsinger, E.E., Monte, W.C. (1986). Sex history, menstrual cycle, and psychophysical ratings of alpha androstenone, a possible human sex pheromone. *J. Sex. Res.* 22(2): 243-248.
- Folstein, M.F., Luria, R. (1973). Reliability, validity, and clinical application of the Visual Analogue Mood Scale. *Psychol. Med.* 3: 479-486.
- Frasnelli, J., Lundstrom, J. N., Boyle, J.A., Katsarkas, A., Jones-Gotman, M. (2011). The vomeronasal organ is not involved in the perception of endogenous odors. *Hum. Brain Mapp.* 32: 450-460.
- Freiherr, J., Gordon, A.R., Alden, E.C., Ponting, A.L., Hernandez, M.F., Boesveldt, S., Lundstrom, J.N. (2012). The 40-item Monell Extended Sniffin' Sticks Identification Test (MONEX-40). *J. Neurosci. Methods* 205: 10-16.
- Frey, M. (2012). Effects and mechanisms of a putative human pheromone. Dissertationsschrift, Universität Würzburg
- Frey, M.C., Weyers, P., Pauli, P., Muhlberger, A. (2012). Androstadienone in motor reactions of men and women toward angry faces. *Percept. Mot. Skills* 114(3): 807-825.
- Gower, D., Holland, K., Mallet, A., Rennie, P., Watkins, W. (1994). Comparison of 16-androstene steroid concentrations in sterile apocrine sweat and axillary secretions: interconversions of 16-androstenes by the axillary microflora—a mechanism for axillary odour production in man? *J. Steroid Biochem. Mol. Biol.* 48(4): 409-418.
- Grillo, C., La Mantia, I., Triolo, C., Scollo, A., La Boria, A., Intelisano, G., Caruso, S. (2001). Rhinomanometric and olfactometric variations throughout the menstrual cycle. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.* 110: 785-789.
- Grosser, B.I., Monti-Bloch, L., Jennings-White, C., Berliner, D.L. (2000). Behavioral and electrophysiological effects of androstadienone, a human pheromone. *Psychoneuroendocrinology* 25: 289-299.
- Gulyas, B., Keri, S., O'Sullivan, B.T., Decety, J., Roland, P.E. (2004). The putative pheromone androstadienone activates cortical fields in the human brain related to social cognition. *Neurochem. Int.* 44(8): 595-600.
- Hare, R.M., Schlatter, S., Rhodes, G., Simmons, L.W. (2017). Putative sex-specific human pheromones do not affect gender perception, attractiveness ratings or unfaithfulness judgements of opposite sex faces. *R. Soc. Open Sci.* 4: 160831.
- Hautzinger, M., Keller, F., Kühner, C. (2006). Beck Depressions Inventar: Revision(BDI-II): Harcourt Test Services, Frankfurt a.M.
- Hays, W.S. (2003). Human pheromones: have they been demonstrated? *Behav. Ecol. Sociobiol.* 54: 89-97.
- Herz, R.S. (2009). Aromatherapy facts and fictions: a scientific analysis of olfactory effects on mood, physiology and behavior. *Int. J. Neurosci.* 119(2): 263-290.

- Hirasawa, Y., Shirasu, M., Okamoto, M., Touhara, K. (2019). Subjective unpleasantness of malodors induces a stress response. *Psychoneuroendocrinology* 106: 206-215.
- Hornung, J., Kogler, L., Erb, M., Freiherr, J., Derntl, B. (2018a). The human body odor compound androstadienone increases neural conflict coupled to higher behavioral costs during an emotional Stroop task. *NeuroImage* 171: 364-375.
- Hornung, J., Kogler, L., Wolpert, S., Freiherr, J., Derntl, B. (2017). The human body odor compound androstadienone leads to anger-dependent effects in an emotional Stroop but not dot probe task using human faces. *PLoS One* 12(4), e0175055.
- Hornung, J., Noack, H., Kogler, L., Derntl, B. (2019). Exploring the fMRI based neural correlates of the dot probe task and its modulation by sex and body odor. *Psychoneuroendocrinology* 99: 87-96.
- Hornung, J., Noack, H., Thomas, M., Farger, G., Nieratschker, V., Freiherr, J., Derntl, B. (2018b). Bayesian informed evidence against modulation of androstadienone-effects by genotypic receptor variants and participant sex: A study assessing Stroop interference control, mood and olfaction. *Horm. Behav.* 98: 45-54.
- Hummel, T., Gollisch, R., Wildt, G., Kobal, G. (1991). Changes in olfactory perception during the menstrual cycle. *Experientia* 47: 712-715.
- Hummer, T.A. (2009). Modulation of psychological and neural systems by androstadienone, a candidate human pheromone. Dissertationsschrift, University of Chicago
- Hummer, T.A., McClintock, M.K. (2009). Putative human pheromone androstadienone attunes the mind specifically to emotional information. *Horm. Behav.* 55: 548-559.
- Hummer, T.A., Phan, K.L., Kern, D.W., McClintock, M.K. (2017). A human chemosignal modulates frontolimbic activity and connectivity in response to emotional stimuli. *Psychoneuroendocrinology* 75: 15-25.
- Huoviala, P., Rantala, M.J. (2013). A putative human pheromone, androstadienone, increases cooperation between men. *PLoS One* 8(5), e62499.
- Ilmberger, J., Heuberger, E., Mahrhofer, C., Dessovic, H., Kowarik, D., Buchbauer, G. (2001). The influence of essential oils on human attention. I: alertness. *Chem. Senses* 26: 239-245.
- Jacob, S. (1999). Steroids as human chemosignals: How isolated putative pheromones affect behavior, physiology and brain metabolism. Dissertationsschrift, University of Chicago
- Jacob, S., Garcia, S., Hayreh, D., McClintock, M.K. (2002). Psychological effects of musky compounds: comparison of androstadienone with androstenol and muscone. *Horm. Behav.* 42: 274-283.

- Jacob, S., Hayreh, D.J., McClintock, M.K. (2001a). Context-dependent effects of steroid chemosignals on human physiology and mood. *Physiol. Behav.* 74: 15-27.
- Jacob, S., Kinnunen, L.H., Metz, J., Cooper, M., McClintock, M.K. (2001b). Sustained human chemosignal unconsciously alters brain function. *Neuroreport* 12(11): 2391-2394.
- Jacob, S., McClintock, M.K. (2000). Psychological state and mood effects of steroidal chemosignals in women and men. *Horm. Behav.* 37: 57-78.
- Jacob, T.J., Wang, L., Jaffer, S., McPhee, S. (2006). Changes in the odor quality of androstadienone during exposure-induced sensitization. *Chem. Senses* 31: 3-8.
- Karlson, P., Luscher, M. (1959). Pheromones': a new term for a class of biologically active substances. *Nature* 183(4653): 55-56.
- Koster, E.H., Crombez, G., Verschuere, B., De Houwer, J. (2004). Selective attention to threat in the dot probe paradigm: differentiating vigilance and difficulty to disengage. *Behav. Res. Ther.* 42: 1183-1192.
- Kraft, P., Popaj, K. (2004). Total synthesis and olfactory evaluation of 5 beta, 10-dimethyl-des-A-18-nor-androstan-13 beta-ol: A potential human pheromone? *Eur. J. Org. Chem.* 24: 4995-5002.
- Kwan, T., Trafford, D., Makin, H., Mallet, A., Gower, D. (1992). GC-MS studies of 16-androstenes and other C19 steroids in human semen. *J. Steroid Biochem. Molec. Biol.* 43(6): 549-556.
- Labows, J. (1988). Odor detection, generation and etiology in the axilla, 321-343, In C. Felger, K. Laden (Eds), *Antiperspirants and deodorants*, Marcel Dekker, New York.
- Lass-Hennemann, J., Deuter, C.E., Kuehl, L.K., Schulz, A., Blumenthal, T.D., Schachinger, H. (2010). Effects of stress on human mating preferences: stressed individuals prefer dissimilar mates. *Proc. R. Soc. B* 277: 2175-2183.
- Leary, M.R., Nezlek, J.B., Downs, D., Radford-Davenport, J., Martin, J., McMullen, A. (1994). Self-presentation in everyday interactions: effects of target familiarity and gender composition. *J. Pers. Soc. Psychol.* 67(4): 664-673.
- Liberati, A., Altman, D.G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gotzsche, P.C., Ioannidis, J.P., Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ* 339: b2700.
- Little, A.C., Burt, D.M., Penton-Voak, I.S., Perrett, D.I. (2001). Self-perceived attractiveness influences human female preferences for sexual dimorphism and symmetry in male faces. *Proc. R. Soc. Lond. B* 268: 39-44.



- Lundstrom, J.N., Boyle, J.A., Jones-Gotman, M. (2006a). Sit up and smell the roses better: olfactory sensitivity to phenyl ethyl alcohol is dependent on body position. *Chem. Senses* 31: 249-252.
- Lundstrom, J.N., Boyle, J.A., Jones-Gotman, M. (2008). Body position-dependent shift in odor percept present only for perithreshold odors. *Chem. Senses* 33: 23-33.
- Lundstrom, J.N., Goncalves, M., Esteves, F., Olsson, M.J. (2003a). Psychological effects of subthreshold exposure to the putative human pheromone 4,16-androstadien-3-one. *Horm. Behav.* 44: 395-401.
- Lundstrom, J.N., Hummel, T., Olsson, M.J. (2003b). Individual differences in sensitivity to the odor of 4,16-androstadien-3-one. *Chem. Senses* 28: 643-650.
- Lundstrom, J.N., Olsson, M.J. (2005). Subthreshold amounts of social odorant affect mood, but not behavior, in heterosexual women when tested by a male, but not a female, experimenter. *Biol. Psychol.* 70: 197-204.
- Lundstrom, J.N., Olsson, M.J., Schaal, B., Hummel, T. (2006b). A putative social chemosignal elicits faster cortical responses than perceptually similar odorants. *NeuroImage* 30: 1340-1346.
- MacLeod, C., Mathews, A., Tata, P. (1986). Attentional bias in emotional disorders. *J. Abnorm. Psychol.* 95: 15-20.
- Mair, R.G., Bouffard, J.A., Engen, T., Morton, T.H. (1978). Olfactory sensitivity during the menstrual cycle. *Sens. Processes* 2: 90-98.
- Mallet, A., Nixon, A., Ruparelia, B., Gower, D. (1988). Analysis of odorous 16-androstene steroids in human axillary hair and saliva, 287-291, In S. Görög (Ed.), *Advances in Steroid Analysis*' 87, Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Matz, S.C., Gladstone, J.J. (2018). Nice guys finish last: When and why agreeableness is associated with economic hardship. *J. Pers. Soc. Psychol.* 118 (3): 545-561.
- McClintock, M.K. (1971). Menstrual synchrony and suppression. *Nature* 229: 244-245.
- Michael, G.A., Jacquot, L., Millot, J.L., Brand, G. (2003). Ambient odors modulate visual attentional capture. *Neurosci. Lett.* 352: 221-225.
- Millot, J.L., Brand, G., Morand, N. (2002). Effects of ambient odors on reaction time in humans. *Neurosci. Lett.* 322: 79-82.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G, The PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med* 6(7), e1000097.
- Monti-Bloch, L., Grosser, B. (1991). Effect of putative pheromones on the electrical activity of the human vomeronasal organ and olfactory epithelium. *J. Steroid Biochem. Molec. Biol.* 39(4B): 573-582.

- Moosbrugger, H., Oehlschlägel, J., Sörensen, U. (2011). Frankfurter Aufmerksamkeits-Inventar 2: FAIR-2, Auswerteprogramme. Huber.
- Moss, M., Cook, J., Wesnes, K., Duckett, P. (2003). Aromas of rosemary and lavender essential oils differentially affect cognition and mood in healthy adults. *Int. J. Neurosci.* 113(1): 15-38.
- Motomura, N., Sakurai, A., Yotsuya, Y. (2001). Reduction of mental stress with lavender odorant. *Percept. Mot. Skills* 93: 713-718.
- Mutic, S., Parma, V., Brunner, Y.F., Freiherr, J. (2016). You Smell Dangerous: Communicating Fight Responses Through Human Chemosignals of Aggression. *Chem. Senses* 41: 35-43.
- Navarrete-Palacios, E., Hudson, R., Reyes-Guerrero, G., Guevara-Guzmán, R. (2003). Lower olfactory threshold during the ovulatory phase of the menstrual cycle. *Biol. Psychol.* 63: 269-279.
- Nixon, A., Mallet, A.I., Gower, D.B. (1988). Simultaneous quantification of five odorous steroids (16-androstenes) in the axillary hair of men. *J. Steroid Biochem.* 29(5): 505-510.
- Öhman, A., Lundqvist, D., Esteves, F. (2001). The face in the crowd revisited: a threat advantage with schematic stimuli. *J. Pers. Psychol.* 80(3): 381-396.
- Parma, V., Tirindelli, R., Bisazza, A., Massaccesi, S., Castiello, U. (2012). Subliminally perceived odours modulate female intrasexual competition: an eye movement study. *PLoS One* 7(2), e30645.
- Pause, B.M., Sojka, B., Krauel, K., Fehm-Wolfsdorf, G., Ferstl, R. (1996). Olfactory information processing during the course of the menstrual cycle. *Biol. Psychol.* 44: 31-54.
- Perrotta, V., Graffeo, M., Bonini, N., Gottfried, J.A. (2016). The Putative Chemosignal Androstadienone Makes Women More Generous. *J. Neurosci. Psychol. Econ.* 9(2): 88-99.
- Pfabigan, D.M., Lamplmayr-Kragl, E., Pintzinger, N.M., Sailer, U., Tran, U.S. (2014). Sex differences in event-related potentials and attentional biases to emotional facial stimuli. *Front. Psychol.* 5: 1477.
- Piff, P.K., Kraus, M.W., Côté, S., Cheng, B.H., Keltner, D. (2010). Having less, giving more: the influence of social class on prosocial behavior. *J. Pers. Soc. Psychol.* 99(5): 771-784.
- Pishyar, R., Harris, L.M., Menzies, R.G. (2004). Attentional bias for words and faces in social anxiety. *Anxiety Stress Coping* 17(1): 23-36.
- Raio, C.M., Hartley, C.A., Orederu, T.A., Li, J., Phelps, E.A. (2017). Stress attenuates the flexible updating of aversive value. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 114(42): 11241-11246.
- Raudenbush, B., Corley, N., Eppich, W. (2001). Enhancing athletic performance through the administration of peppermint odor. *J. Sport Exerc. Psychol.* 23: 156-160.

- Reitan, R.M. (1992). Trail Making Test: Manual for Administration and Scoring. Reitan Neuropsychology Laboratory.
- Salemink, E., van den Hout, M.A., Kindt, M. (2007). Selective attention and threat: quick orienting versus slow disengagement and two versions of the dot probe task. *Behav. Res. Ther.* 45: 607-615.
- Savic, I. (2002). Sex differentiated hypothalamic activation by putative pheromones. *Mol. Psychiatry* 7: 335-336.
- Savic, I., Berglund, H., Gulyas, B., Roland, P. (2001). Smelling of odorous sex hormone-like compounds causes sex-differentiated hypothalamic activations in humans. *Neuron* 31: 661-668.
- Saxton, T.K., Little, A.C., Roberts, S.C. (2008a). Ecological validity in the study of human pheromones, 111-120, In J.L. Hurst, R.J. Beynon, S.C. Roberts, T.W. Wyatt (Eds), *Chemical Signals in Vertebrates* 11, Springer, New York.
- Saxton, T.K., Lyndon, A., Little, A.C., Roberts, S.C. (2008b). Evidence that androstadienone, a putative human chemosignal, modulates women's attributions of men's attractiveness. *Horm. Behav.* 54: 597-601.
- Schaal, B., Coureaud, G., Langlois, D., Ginies, C., Semon, E., Perrier, G. (2003). Chemical and behavioural characterization of the rabbit mammary pheromone. *Nature* 424: 68-72.
- Schmidt, K., Metzler, P. (1992). *WST–Wortschatztest*. Beltz, Weinheim.
- Schultz, S. (2008). *Untersuchungen am Vomeronasalorgan des Menschen mit elektrophysiologischen und psychophysiologischen Methoden*, Dissertationsschrift, Universität Bochum
- Shansky, R. M., Woolley, C.S. (2016). Considering sex as a biological variable will be valuable for neuroscience research. *J. Neurosci.* 36: 11817-11822.
- Stern, K., McClintock, M.K. (1998). Regulation of ovulation by human pheromones. *Nature* 392: 177-179.
- Strassmann, B.I. (1999). Menstrual synchrony pheromones: cause for doubt. *Hum. Reprod.* 14(3): 579-580.
- Takacs, S., Gries, R., Gries, G. (2017). Sex Hormones Function as Sex Attractant Pheromones in House Mice and Brown Rats. *ChemBioChem* 18(14): 1391-1395.
- Taylor, G.J., Bagby, R.M., Ryan, D.P., Parker, J.D. (1990). Validation of the alexithymia construct: a measurement-based approach. *Can. J. Psychiatry* 35: 290-297.
- Thysen, B., Elliott, W.H., Katzman, P.A. (1968). Identification of estra-1, 3, 5 (10), 16-tetraen-3-ol (estratetraenol) from the urine of pregnant women (1). *Steroids* 11(1): 73-87.

- Trevathan, W.R., Burleson, M.H., Gregory, W.L. (1993). No evidence for menstrual synchrony in lesbian couples. *Psychoneuroendocrinology* 18(5-6): 425-435.
- Tubaldi, F., Ansuini, C., Tirindelli, R., Castiello, U. (2008). The grasping side of odours. *PLoS One* 3(3), e1795.
- Verhaeghe, J., Gheysen, R., Enzlin, P. (2013). Pheromones and their effect on women's mood and sexuality. *FVV in ObGyn* 5(3): 189-195.
- Villemure, C., Bushnell, M.C. (2007). The effects of the steroid androstadienone and pleasant odorants on the mood and pain perception of men and women. *Eur. J. Pain* 11: 181-191.
- Wieser, M.J., Pauli, P., Reicherts, P., Mühlberger, A. (2010). Don't look at me in anger! Enhanced processing of angry faces in anticipation of public speaking. *Psychophysiology* 47(2): 271-280.
- Wilson, H.C. (1992). A critical review of menstrual synchrony research. *Psychoneuroendocrinology* 17(6): 565-591.
- Wittchen, H., Zaudig, M., Fydrich, T. (1997). Strukturiertes klinisches Interview für DSM-IV: SKID; eine deutschsprachige, erweiterte Bearbeitung der amerikanischen Originalversion des SCID. Hogrefe, Göttingen.
- Wyart, C., Webster, W.W., Chen, J.H., Wilson, S.R., McClary, A., Khan, R. M., Sobel, N. (2007). Smelling a single component of male sweat alters levels of cortisol in women. *J. Neurosci.* 27(6): 1261-1265.
- Wyatt, T.D. (2015a). How animals communicate via pheromones: human behaviors are probably influenced by invisible smell signals, just like all other animals. *Am. Sci.* 103: 114-122.
- Wyatt, T.D. (2015b). The search for human pheromones: the lost decades and the necessity of returning to first principles. *Proc. R. Soc. B* 282: 20142994.
- Wysocki, C.J., Preti, G. (2004). Facts, fallacies, fears, and frustrations with human pheromones. *Anat. Rec. A. Discov. Mol. Cell. Evol. Biol.* 281:1201-1211.
- Ye, Y., Zhuang, Y., Smeets, M.A., Zhou, W. (2019). Human chemosignals modulate emotional perception of biological motion in a sex-specific manner. *Psychoneuroendocrinology* 100: 246-253.

## VI. Anhang

### 1. Probandenmerkmale in der AND-Forschung

Tabelle 7: Probandenmerkmale der AND-Studien, welche in dieses systematische Literaturreview eingeschlossen werden konnten  
 V unterhalb der Quellenangabe: diese Studie hat Verhaltensdaten publiziert

\*1: Die ProbandInnen der unterschiedlichen Studien, welche im gleichen Paper veröffentlicht wurden, überschneiden sich (teilweise)

\*2: Die ProbandInnen der unterschiedlichen Aufgaben dieser Studie überschneiden sich

N: Samplesize

GS: Geruchssinn

Psy: Psychische Gesundheit der ProbandInnen

Hetero: Heterosexualität der ProbandInnen

Phy: Physische Gesundheit der ProbandInnen

NR: NichtraucherInnen bzw. GelegenheitsraucherInnen

Resp: Respiratorische Gesundheit der ProbandInnen

Studie	N	Psy	Phy	Resp	GS	Hetero	NR	Alter [Jahre]	Weitere Informationen
<b>Banner et al., 2018</b> V	♂: 30 ♀: 0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	20-36	- Keine Einnahme akuter oder dauerhafter Medikamente (self-report) - 12-16 Jahre (Aus-) Bildung - Sprachen fließend Hebräisch - Diskriminationstest: Probanden konnten nicht zwischen Versuchs- und Kontrolllösung unterscheiden
<b>Bensafi et al., 2004a</b> V	♂: 36 ♀: 36	/	(✓)	✓	/	✓	✓	♂: Ø 22 ♀: Ø 23.5	- Keine regelmäßige Medikamenteneinnahme (incl. OC) - Kein Missbrauch von Alkohol oder Drogen - Unterschiedliche ethnische Hintergründe - Frauen wurden um den 14. Tag ihres Menstruationszyklus gemessen
<b>Bensafi et al., 2004b</b>	♂: 30 ♀: 30	/	(✓)	✓	/	✓	✓	♂: Ø 20.2 ♀: Ø 20.7	
<b>Boulkroune et al., 2007</b>	♂: 13 ♀: 14	/	o	✓	✓	/	/	Ø 21.7	- keine Einnahme verschreibungspflichtiger Medikamente - Ausschluss: Personen, die am Arbeitsplatz regelmäßig Chemikalien ausgesetzt sind - Keine Epilepsie - Keine Allergien
<b>Burke et al., 2012</b>	♂: 16 ♀: 21	/	/	/	✓	✓	/	Ø 24.7	- RechtshänderInnen - Keine Medikamenteneinnahme (incl. OC) - Frauen in der 2.-3. Woche ihres Menstruationszyklus - Die ProbandInnen wurden gebeten:

									kein Parfum aufzulegen, eine Stunde vor dem Versuch nichts zu essen und zu trinken außer Wasser
									- Identifikationstest - Schwellentest: ProbandInnen waren in der Lage AND zu riechen
<b>d'Ettorre et al., 2018 V</b>	♂: 77 ♀: 90	/	/	/	/	/	/	18-40	- 54.1% der Frauen nahmen OC ein
<b>Ferdenzi et al., 2016 V</b>	♂: 28 ♀: 31	/	o	✓	✓	✓	✓	18-25	- Europäische Herkunft (self-report) - Muttersprache: Französisch - Frauen: nicht schwanger, verhüteten nicht hormonell - Frauen in fruchtbarer und unfruchtbarer Zyklusphase - ProbandInnen wurden gebeten: kein Parfum aufzulegen, nicht zu rauchen, eine Stunde vor dem Versuch nichts zu essen und zu trinken außer Wasser - Normales Hör- und Sehvermögen - Am Tag des Experiments keine Erkältung oder verstopfte Nase - Diskriminationstests
<b>Frasnelli et al., 2011 Experiment 1</b>	♂: 0 ♀: 54 *1	/	/	o	/	/	/	18-33	- ProbandInnen wurden gebeten: eine Stunde vor dem Versuch nichts zu essen und zu trinken außer Wasser, nicht zu rauchen
<b>Experiment 2</b>	♂: 0 ♀: 74 *1							18-35	- Nasale Obstruktionen, nasale Pathologie und anatomische Merkmale endoskopisch ausgeschlossen, die den funktionellen Verschluss des VNO verhindert hätten
<b>Experiment 3</b>	♂: 0 ♀: 12 *1							18-35	
<b>Frey et al., 2012 = Frey, 2012 Studie 1 V</b>	♂: 31 ♀: 29	✓	✓	✓	✓	✓	✓	18-35	- Unterschiedliche ethnische Hintergründe - nicht schwanger (self-report) - regelmäßiger Menstruationszyklus (self-report) - vor Messung mind. 6 Monate keine OC (self-report) - 14% Menstruationsphase - 31% Follikelphase - 55% Lutealphase - Identifikationstest (MONEX 40)
<b>Frey, 2012 Studie 2 V</b>	♂: 0 ♀: 51	✓	/	✓	/	✓	✓	18-38	- Rechtshänderinnen - nahmen seit mindestens 6 Monaten OC ein - Keine verstopfte Nase

									- Diskriminationstest: Die Versuchs- und Kontrolllösung konnte nicht auseinander gehalten werden
<b>Frey, 2012 Studie 3 V</b>	♂: 16 ♀: 0	✓	✓	✓	✓	✓	✓	18-32	- Rechtshänder - Unterschiedliche ethnische Hintergründe - Keine verstopfte Nase - Identifikationstest (MONEX 40)
<b>Grosser et al., 2000</b>	♂: 0 ♀: 40	o	o	o	o	o	o	20-45	- kein Alkoholmissbrauch - keine Verwendung von steroidalen Verhütungsmitteln - keine Schwangerschaft - Frauen wurden gebeten am 11. Tag ihres Menstruationszyklus teilzunehmen - Keine Verwendung von psychotropen Substanzen - Keine Epilepsie - Keine neuropsychiatrische Erkrankung - Probandinnen wurden als „normal“ bezeichnet
<b>Gulyas et al., 2004</b>	♂: 0 ♀: 5	✓	✓	✓	/	/	/	40-45	- Regelmäßiger Menstruationszyklus - Frauen in der 1. Woche des Menstruationszyklus
<b>Hare et al., 2017 Aufg. 1 V</b>	♂: 24 *1 ♀: 22 *1	/	/	/	/	✓	✓	Ø 23.7	- Kaukasier
<b>Aufg. 2 V</b>	♂: 43 *1 ♀: 51 *1								
<b>Verhaltensstudie Hornung et al., 2017; Hornung et al., 2019; Hornung et al., 2018b V</b>	eDOT ♂: 27 *2 ♀: 49 (29 in vorläufiger Publikation) *2 eStroop: ♂: 27 *2 ♀: 45 (29 in vorläufiger Publikation) *2	✓	✓	/	✓	✓	✓	18-35	- Keine Einnahme von Medikamenten oder Hormonen (außer die Gruppe der Frauen, die seit mindestens 6 Monaten OC einnahmen) - Muttersprache: Deutsch - ProbandInnen wurden gebeten: kein Parfum aufzulegen, nicht zu rauchen, eine Stunde vor dem Versuch nichts zu essen und zu trinken außer Wasser - SKID - BDI-II - Keine Vorgeschichte einer neurologischen Störung oder Behandlung - Identifikationstest - Diskriminationstest - Schwellentest

<b>fMRT-Studie Hornung et al., 2018a; Hornung et al., 2019 V</b>	eDOT ♂: 28 *2 ♀: 49 *2 eStroop: ♂: 27*2 ♀: 49 *2	✓	✓	/	✓	✓	✓	18-35	- Keine Einnahme von Medikamenten oder Hormonen (außer die Gruppe der Frauen, die seit mindestens 6 Monaten OC einnahmen) - SKID - BDI-II - Keine Vorgeschichte einer neurologischen Störung oder Behandlung - Identifikationstest - Diskriminationstest - Schwellentest
<b>Huoviala &amp; Rantala, 2013 V</b>	♂:40 ♀: 0	/	o	o	✓	✓	/	Ø 26.03	- Keine Vorgeschichte von Hirnverletzungen - Keine erlittenen Nasentraumata
<b>Hummer et al., 2017 V</b>	♂: 11 ♀: 11	/	o	o	✓	/	✓	18-36	- keine Hormoneinnahme (inkl. OC) - kein Drogenkonsum - Frauen wurden in ihrer späten Follikelphase gemessen - Keine Vorgeschichte einer neurologischen Beeinträchtigung - Keine Vorgeschichte einer Sinuspathologie - Diskriminationstest - Schwellentest
<b>Jacob &amp; McClintock, 2000 Experiment 1 V</b>	♂: 10 ♀: 10	✓	o	✓	/	/	✓	20-48	- Unterschiedliche ethnische Hintergründe - Keine Vorgeschichte von Fortpflanzungskrankheiten
<b>Jacob &amp; McClintock, 2000 Experiment 2</b>	♂: 0 ♀: 31	✓	o	✓	/	✓	✓	18-48	- 2 Mütter - Kein Ausschluss, wenn Probandinnen zuvor hormonelle Verhütungsmittel verwendeten - alle in der periovulatorischen Phase des Menstruationszyklus: periovulatorische Phase: 74% präovulatorische Phase: 11% postovulatorische Phase: 15% - Keine Vorgeschichte von Fortpflanzungskrankheiten
<b>Jacob et al., 2002 V</b>	♂:19 ♀: 18	✓	o	✓	/	✓	✓	18-38	- alle außer drei waren RechtshänderInnen - Unterschiedliche ethnische Hintergründe - Frauen wurden in der periovulatorischen Phase ihres Menstruationszyklus gemessen - Keine Vorgeschichte von Fortpflanzungskrankheiten
<b>Jacob et al., 2001b</b>	♂: 0 ♀: 10	/	/	o	/	/	/	20-35	- in der Vergangenheit normaler Menstruationszyklus - keine OC während der Studie - Normale Nasenspiegelung



Jacob et al., 2006	♂: 23 ♀: 30	/	/	✓	✓	/	/	♂: Ø 26.2 ♀: Ø 26.7	
Jacob et al., 2006 Repetitive Expose Trial	♂: 5 ♀: 3	/	/	✓	✓	/	/	♂: Ø 28.3 ♀: Ø 24.1	- Schwellentest: geringe bis mittlere Werte für AND
Lundstrom et al., 2003a Experiment 1	♂: 0 ♀: 38	✓	✓	o	✓	/	✓	Ø 24.4	- keine hormonelle Verhütung seit mindestens sechs Monaten - regelmäßiger und spontaner Eisprung - Menstruationsphase: 21% - Follikelphase: 45% - Lutealphase: 34% - Keine Nasenprobleme in der Vergangenheit - Diskriminationstest: Probandinnen waren nicht in der Lage zwischen Experimentallösung und Kontrolllösung zu unterscheiden
Lundstrom et al., 2003a Experiment 2	♂: 0 ♀: 37	/	/	o	✓	/	✓	Ø 26.7	- Frauen wurden in ihrer perioovulatorischen Phase, (12- 14 Tag) gemessen - Keine Nasenprobleme in der Vergangenheit - Diskriminationstest: Probandinnen konnten zwischen Experimentallösung und Kontrolllösung unterscheiden
Lundstrom et al., 2006b	♂: 0 ♀: 15	/	o	✓	✓	✓	✓	20-45	- Rechtshänderinnen (Edinburgh Handedness Inventory) - keine Schwangerschaft oder Stillzeit (self-report) - n=4: Menstruationsphase (1-5 Tag) - n = 4: Follikelphase (6-14 Tag) - n = 7: Lutealphase (15-30 Tag) - Probandinnen wurden gebeten: 1 Stunde vor dem Experiment nichts zu essen und zu trinken - Keine schweren Kopftraumata in der Vergangenheit - Umfassende HNO-ärztliche Untersuchung einschließlich Nasenendoskopie - Identifikationstest - Diskriminationstest
Lundstrom & Olsson, 2005 V	♂: 0 ♀: 37	/	/	✓	✓	✓	✓	Ø 25.35	- normaler Menstruationszyklus - die letzten sechs Monate keine Verwendung hormoneller Substanzen inkl. OC - n=4: Menstruationsphase (1-5 Tag) - n=14: Follikelphase (6-14 Tag) - n=19: Lutealphase (15-35 Tag)

<b>Parma et al., 2012 Experiment 1 V</b>	♂:102 ♀:103*1	/	/	o	/	✓	/	♂: Ø 22 ♀: Ø 22.6	- regelmäßiger Zyklus, keine OC die letzten 6 Monate, nicht schwanger - n=51: Follikelphase (6.-15.Tag)
<b>Parma et al., 2012 Experiment 2 V</b>	♂:0 ♀: 103*1							Ø 22.6	- n=52: Menstruationsphase bzw. Lutealphase (1.-5- Tag und 16.-28. Tag) - Keine Anosmie gegenüber AND
<b>Perrotta et al., 2016 V</b>	♂:18 ♀: 18	/	/	✓	✓	/	/	18-40	- keine Medikamente (inkl. OC) - Frauen in der Ovulationsphase (12.-18. Tag) (self-report) - Diskriminationstest: ProbandInnen waren nicht in der Lage AND-Lösung von Kontroll-Lösung zu unterscheiden
<b>Savic et al., 2001</b>	♂: 12 ♀: 12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	♂: 23-28 ♀: 20-28	- RechtshänderInnen - Frauen in der 2.-3. Woche ihres Menstruationszyklus - Schwellentest: Normale Werte für AND, EST, Butanol
<b>Saxton et al., 2008a = Saxton et al., 2008b Event 1 V</b>	♂: 21 ♀: 25	/	/	✓	/	/	/	19-25	- Kein Alkoholkonsum vor und während des Experimentes - keine Anwendung stark duftender Produkte (Parfüm)
<b>Saxton et al., 2008b Event 2 V</b>	♂: 0 ♀: 17							35-44	
<b>Saxton et al., 2008b Event 3 V</b>	♂: 0 ♀: 12							21-39	
<b>Wyart et al., 2007</b>	♂: 0 ♀: 21	✓	✓	✓	✓	✓	/	Ø 22.5	- keine regelmäßige Medikamenteneinnahme (inkl. OC)
<b>Wyart et al., 2007 Replikation</b>	♂: 0 ♀: 27							Ø 20.1	

Ye et al., 2019 Experiment 1 V	♂: 48 ♀: 48	o	✓	✓	✓	✓	✓	Ø 22.34	- Han-chinesisch - normales oder korrigiertes Sehvermögen - Frauen wurden in der periovulatorischen Phase ihres Menstruationszyklus gemessen
Ye et al., 2019 Experiment 2 V								Ø 22.58	- Im Allgemeinen sozial kompetent - Erreichten im Autismus-Spektrum-Quotient einen Punktwert von ≤ 26 - Diskriminationstest: unabhängige Gruppe von 48 NichtraucherInnen konnte nicht zwischen den olfaktorischen Stimulanzen (AND-Lösung, EST-Lösung, Kontrolllösung) unterscheiden

Legende:

- ♂: Anzahl der Probanden, die in die finalen Analysen eingeschlossen wurden
- ♀: Anzahl der Probandinnen, die in die finalen Analysen eingeschlossen wurden
- /: Darüber wurde keine Auskunft gegeben
- ✓: Probanden wurden als „gesund“ beschrieben, Selbstauskunft über keine vorhandenen psychischen, physischen (auch nur bezüglich des Kopfs/Nasen Bereichs), respiratorischen Erkrankungen, keine bekannten Geruchsprobleme, Heterosexuell, NichtraucherInnen bzw. keine regelmäßigen RaucherInnen
- (✓) keine Vorgeschichte einer neurologischen Erkrankung
- o: Einschränkungen zum Erhebungsumfang werden in der Spalte „weitere Informationen“ erläutert

## 2. PICO - Tabellen der AND-Verhaltensstudien

Tabelle 8: PICO – Tabelle der AND-Verhaltensstudien, welche die Auswirkungen auf das soziale Verhalten untersuchten

P: ProbandInnen und falls angegeben Geschlecht der versuchsleitenden Person. Hier ist auch zu entnehmen, ob die ProbandInnen in Versuchs- und Kontrollgruppen eingeteilt wurden. Falls die ProbandInnen mit allen Geruchsstoffen die Studien durchliefen, so steht unter diesem Punkt keine Gruppeneinteilung

I: Intervention (Methoden)

C: Comparison (Duftstoff/Kontrollstoff)

A: Applikationsart

O: Outcome (Ergebnisse). Bei fehlenden Effektstärken in der Tabelle, wurden auch in den Studien keine angegeben.

<b>Banner et al., 2018</b>	<b>P</b>	30 Männer Versuchsleiter
	<b>I</b>	social orientation paradigm (Konfrontationsfördernd)
	<b>C</b>	250 µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Eugenol/ 1% Eugenol in Propylenglykol
	<b>A</b>	100µl AND- oder Kontroll-Lösung auf Pflaster, das auf die Oberlippe geklebt wurde
	<b>O</b>	unter Einfluss von AND reagierten Männer aggressiver (nicht signifikant: $p = .117$ ; $d = 0.29$ ), signifikant individualistischer ( $p = .0015$ ; $d=0.47$ ), signifikant weniger kooperativ ( $p = .027$ ; $d = -0.44$ )
<b>Frey, 2012 Studie 2</b>	<b>P</b>	51 Frauen, die alle seit mindestens 6 Monaten hormonelle Kontrazeptiva verwendeten <u>AND-Gruppe:</u> 28 Frauen <u>Kontrollgruppe:</u> 23 Frauen
	<b>I</b>	Bewertung von Bildern von heterosexuellen Paaren, Menschengruppen und ohne Personen mit jeweils positiver, negativer und neutraler Valenz bezüglich Erregung und Valenz
	<b>C</b>	250 µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Eugenol/ Propylenglykol mit 1% Eugenol
	<b>A</b>	1ml dermal zwischen Nase und Oberlippe
	<b>O</b>	kein signifikanter Einfluss durch AND der Bewertungen für Valenz ( $ps > .06$ ) und Erregung ( $ps > .24$ )
<b>Hare et al., 2017 Aufgabe 1</b>	<b>P</b>	24 Männer, 22 Frauen (keine Angabe des Menstruationszyklus) Alle ProbandInnen erhielten entweder die AND- oder die EST-Lösung und jeder erhielt die Kontrolllösung  Versuchsleiter und Versuchsleiterin
	<b>I</b>	Geschlechtsidentifikation von geschlechterneutralen Gesichtsmorphen
	<b>C</b>	500µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1Vol.-% Nelkenöl (4ml)/ 500µM EST, gelöst in Propylenglykol mit 1Vol.-% Nelkenöl (4ml)/ Propylenglykol mit 1Vol.-% Nelkenöl (4ml)
	<b>A</b>	Wattebausch unterhalb der Nase mit entsprechender Lösung
	<b>O</b>	Die Exposition gegenüber AND hatte keinen Einfluss auf die Geschlechterwahrnehmung. Differenzen zwischen AND- bzw. EST-Behandlung und Kontrollbedingung wurden für den zweistufigen Faktor „Pheromon“ in einer ANOVA verwendet: $p = .129$ , $r = 0.160$
<b>Huoviala &amp; Rantala, 2013</b>	<b>P</b>	40 Männer <u>AND-Gruppe:</u> 20 Männer <u>Kontrollgruppe:</u> 20 Männer  Versuchsleiter
	<b>I</b>	<u>Ultimatums spiel:</u> - Geld mit anonymer Person aufteilen, welche den Betrag ablehnen kann angeben, wie hoch der Betrag sein muss, damit man den Deal eingeht <u>Diktators spiel:</u> Geld aufteilen, wobei der anonyme Mitspieler das Angebot akzeptieren muss
	<b>C</b>	30mg AND in kristalliner Form mit 30mg Trockenhefe vermischt/ 60mg Trockenhefe

	<b>A</b>	Opaque Gläser
	<b>O</b>	Männer zeigten unter Einfluss von AND ein signifikant kooperativeres Verhalten: Boten tendenziell mehr Geld ( $p = .120$ ) Forderten weniger Geld ein ( $p = .046$ ; $\eta^2 = 0.106$ ) Waren somit großzügiger ( $p = .012$ ; $\eta^2 = 0.161$ ) Gaben im Diktatorspiel tendenziell mehr Geld ab ( $p = .204$ )
<b>Parma et al., 2012 Experiment 1</b>	<b>P</b>	102 Männer, 103 Frauen, davon 51 in der Follikelphase (6.-15 Tag) 52 in der Menstruationsphase bzw. Lutealphase (1.-5 und 16.-28Tag), umgerechnet individuelle Zykluslänge - standardisierter 28-Tage -Zyklus <u>AND-Gruppe:</u> 26: Frauen während 1.-5. Tag oder 16.-28. Tag 26: Frauen während 6.-15. Tag 26: Männer <u>Kontrollgruppe:</u> 26: Frauen während 1.-5. Tag oder 16.-28. Tag 25: Frauen während 6.-15. Tag 26: Männer
	<b>I</b>	Betrachtung von weiblichen und männlichen Gesichtern und vertrauten Gegenständen während Augenbewegungen aufgezeichnet wurden (Eye-Tracking)
	<b>C</b>	250 $\mu\text{M}$ AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Nelkenöl/ 1% Nelkenöl in Propylenglykol
	<b>A</b>	Dermal zwischen Mund und Nase (ca. 2nmol AND)
	<b>O</b>	Keine Beeinflussung der Männer und Frauen in der Follikelphase durch AND für Betrachtungsdauer der verschiedenen Bilder Frauen in der Lutealphase bzw. Menstruationsphase schauten mit AND Frauengesichter signifikant länger an als die anderen Bilder als unter Kontrolllösung
<b>Perrotta et al., 2016</b>	<b>P</b>	18 Männer, 18 Frauen, in der periovulatorischen Phase (12. – 18. Tag)
	<b>I</b>	<u>Diktator-Spiel:</u> 24x Geld aufteilen mit jeweils einer Person, deren Bild mit neutralem Gesichtsausdruck auf dem Bildschirm zu sehen war
	<b>C</b>	5mg AND, gelöst in 3ml Limonene (650 $\mu\text{M}$ AND)/ Limonene
	<b>A</b>	Im Glas
	<b>O</b>	Männer und Frauen waren unter Einfluss von AND großzügiger (nicht signifikant), AND machte Frauen signifikant großzügiger als Männer ( $p < .005$ )

Tabelle 9: PICO – Tabelle der AND-Verhaltensstudien, welche die emotionale Reizverarbeitung und Emotionsbewertung untersuchten

P: ProbandInnen und falls angegeben Geschlecht der versuchsleitenden Person. Hier ist auch zu entnehmen, ob die ProbandInnen in Versuchs- und Kontrollgruppen eingeteilt wurden. Falls die ProbandInnen mit allen Geruchsstoffen die Studien durchliefen, so steht unter diesem Punkt keine Gruppeneinteilung

I: Intervention (Methoden)

C: Comparison (Duftstoff/Kontrollstoff)

A: Applikationsart

O: Outcome (Ergebnisse). Bei fehlenden Effektstärken in der Tabelle, wurden auch in den Studien keine angegeben.

<b>d'Ettorre et al., 2018</b>	<b>P</b>	77 Männer, 90 Frauen; Aufgeteilt in 4 Gruppen <u>AND-Gruppe:</u> 20 Männer, 24 Frauen (45% hormonelle Kontrazeptiva) <u>Kontrollgruppe:</u> 19 Männer, 22 Frauen (61.9 % hormonelle Kontrazeptiva) Frauen ohne hormonelle Verhütung waren gleichmäßig auf die vier Gruppen bezüglich ihres Zyklustages verteilt.  Versuchsleiter
-------------------------------	----------	---

	<b>I</b>	<u>Lexikalische Entscheidungsaufgabe:</u> Mussten so schnell und richtig wie möglich entscheiden, ob Buchstabenfolge von emotional positiven, emotional wettbewerbsbezogenen, neutralen Wörtern, neutralen Füllerwörtern und Nicht-Wörtern echte Wörter sind oder nicht
	<b>C</b>	250µM AND, gelöst in Erdöl/ 250µM Androstenon, gelöst in Erdöl/ 250µM Androstenol, gelöst in Erdöl/ Erdöl
	<b>A</b>	100µl dermal auf Philtrum
	<b>O</b>	keinen Einfluss von AND auf RZ (Geruch: $p=.717$ ; Geruch * Valenz $p = .080$ ) und Fehlerquote (Geruch: $p = .240$ ; Geruch * Geschlecht: $p = .130$ ) in lexikalischer Entscheidungsaufgabe
<b>Frey, 2012; Frey et al., 2012 Studie 1</b>	<b>P</b>	31 Männer, 29 Frauen, davon 4 in der Menstruationsphase (Tag 1-6) 9 in der Follikelphase (6.-14. Tag) 16 in der Lutealphase (15-28. Tag), auf Grundlage des mittgeteilten 1. Tages des Menstruationsbeginns  Versuchsleiterin
	<b>I</b>	<u>Approach Avoidance Task:</u> mit einem fröhlichen und einem wütenden geschlechterlosen, schematischen Gesicht als Stimuli  Bewertung der Cartoon-Gesichter bezüglich Annehmlichkeit und Intensität
	<b>C</b>	250µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Eugenol/ Propylenglykol mit 1% Eugenol
	<b>A</b>	Olfaktometer: 2l/Minute durch konstanten Luftstrom direkt in die Nasenhöhle
	<b>O</b>	Reaktion auf die wütenden Gesichter mit AND signifikant schneller ( $p = .023$ ). Reaktionsgeschwindigkeit auf fröhliche Gesichter wurde nicht vom Geruch verändert ( $p > .89$ ) AND veränderte die Wertung der Gesichter nicht signifikant
<b>Frey, 2012 Studie 3</b>	<b>P</b>	16 Männer  Versuchsleiterin
	<b>I</b>	Bewertung von fröhlichen, ärgerlichen und neutralen Cartoon-Gesichtern bezüglich Annehmlichkeit und Intensität
	<b>C</b>	250 µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Eugenol/ Propylenglykol mit 1% Eugenol
	<b>A</b>	Speziell entwickeltes Olfaktometer: konstanter Luftstrom von 2l/Minute
	<b>O</b>	Bewertung bezüglich: <u>Annehmlichkeit:</u> AND hatte darauf keinen Einfluss ( $p=.70$ ) noch gab es einen Geruchs * Emotionseffekt ( $p = .217$ [laut Literatur $p = .217.001$ ], $\eta^2 = 0.10$ ) <u>Intensität:</u> AND hatte darauf keinen Einfluss ( $p = .11$ ) noch gab es einen Geruchs * Emotionseffekt ( $p = .578$ ; $\eta^2 = 0.03$ )
<b>Hornung et al., 2017</b>	<b>P</b>	27 Männer, 29 Frauen, die seit mindestens 6 Monaten orale Kontrazeptiva einnahmen und während der Messung sich nicht in der Pillenfreien-Woche befanden  Versuchsleiter
	<b>I</b>	<u>Emotionale Dotprobe Aufgabe:</u> Gesichter mit neutralem, ärgerlichem, ängstlichem, fröhlichem Ausdruck als Stimuli <u>Emotionaler Stroop Test:</u> Gesichter mit ärgerlichem, ängstlichem, fröhlichem Ausdruck mit den Worten „Ärger“, „Freude“, „Angst“ als Distraktoren Jeweils im Sitzen, kein fMRT
	<b>C</b>	250µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Moschusöl/ Propylenglykol mit 1% Moschusöl
	<b>A</b>	Lösungen wurden auf semipermeables Wattepad, welches unter die Nase geklebt wurde, pipettiert

	O	<u>Emotionale Dotprobe Aufgabe:</u> kein signifikanter Einfluss von AND auf die mit dieser Aufgabe gemessenen Aufmerksamkeitsverzerrungen (BI: $p = .33$ ; OI: $p = .34$ ; DI: $p = .77$ ; Fehlerraten: $p = .71$ ) <u>Emotionaler Stroop Test:</u> <u>Männer:</u> Geringere Aufmerksamkeitsverzerrung bei ärgerlichen Gesichtern mit AND als ohne ( $p=.027$ ) <u>Frauen:</u> Statistischer Trend, dass sie mit AND weniger Fehler bei ärgerlichen Gesichtern machten ( $p = .059$ )
<b>Hornung et al., 2019</b>  <b>Hornung et al., 2018b</b>	P	<u>Emotionale Dotprobe Aufgabe:</u> 27 Männer, 29 Frauen, die seit mindestens 6 Monaten orale Kontrazeptiva einnahmen und während der Messung sich nicht in der Pillenfreien-Woche befanden, 20 Frauen, die sich in der Lutealphase befanden (18-24 Tag des standardisierten 28-Tage-Zyklus) <u>Emotionaler Stroop Test:</u> 27 Männer, 45 Frauen, die entweder seit mindestens 6 Monaten orale Kontrazeptiva einnahmen oder sich in der Lutealphase befanden (18-24 Tag des standardisierten 28-Tage Zyklus.) Vor dem Experiment wurde der Zyklus 3x und nach dem Experiment der erste Tag des Zyklus aufgezeichnet
	I	<u>Emotionale Dotprobe Aufgabe:</u> Gesichter mit neutralem, ärgerlichem, ängstlichem, fröhlichem Ausdruck als Stimuli <u>Emotionaler Stroop Test:</u> Gesichter mit ärgerlichem, ängstlichem, fröhlichem Ausdruck mit den Worten „Ärger“, „Freude“, „Angst“ als Distraktoren Jeweils im Sitzen, kein fMRT
	C	250µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Moschusöl/ Propylenglykol mit 1% Moschusöl
	A	Lösungen wurden auf semipermeables Wattepad, welches unter die Nase geklebt wurde, pipettiert
	O	<u>Emotionale Dotprobe Aufgabe:</u> unter AND rief die Angst eine stärkere Aufmerksamkeitsverzerrung hervor als unter Kontrolllösung ( $p=.012$ ) Kein Effekt von AND auf Orientierung ( $p= .91$ ) AND rief für Angst trendweise stärkere Schwierigkeiten hervor ( $p = .067$ ), die Aufmerksamkeit zu lösen als unter Kontrolllösung <u>Emotionaler Stroop Test:</u> AND hatte keinen Haupteffekt auf die RZ ( $p=.51$ ) Weniger Fehler in der AND-Sitzung ( $p=.025$ ; $pn^2 = 0.08$ )
<b>Hornung et al., 2019</b>  <b>Hornung et al., 2018a</b>	P	<u>Emotionale Dotprobe Aufgabe:</u> 28 Männer, 29 Frauen, die seit mindestens 6 Monaten orale Kontrazeptiva einnahmen und sich während der Messung nicht in der Pillenfreien-Woche befanden 20 Frauen, die sich in der Lutealphase befanden (18-24 Tag des standardisierten 28-Tage-Zyklus) <u>Emotionaler Stroop Test:</u> 27 Männer, 29 Frauen, die seit mindesten 6 Monaten orale Kontrazeptiva einnahmen und während der Messung nicht in der Pillenfreien-Woche waren, 20 Frauen, die sich in der Lutealphase befanden (18-24 Tag des standardisierten 28-Tage-Zyklus; im Durchschnitt an Tag -7 und -8 bis zur nächsten einsetzenden Periode) Vor dem Experiment wurde der Zyklus 3x aufgezeichnet und nach dem Experiment der erste Tag des Zyklus
	I	<u>Emotionale Dotprobe Aufgabe:</u> Gesichter mit neutralem, ärgerlichem, ängstlichem, fröhlichem Ausdruck als Stimuli <u>Emotionaler Stroop Test:</u> Gesichter mit ärgerlichem, ängstlichem, fröhlichem Ausdruck mit den Worten „Ärger“, „Freude“, „Angst“ als Distraktoren  Jeweils im fMRT

	<b>C</b>	250µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Moschusöl/ 1% Moschusöl gelöst in Propylenglykol
	<b>A</b>	Lösungen wurden auf semipermeables Wattepad, welches unter die Nase geklebt wurde, pipettiert
	<b>O</b>	<u>Emotionale Dotprobe Aufgabe:</u> kein signifikanter Einfluss von AND auf die mit dieser Aufgabe gemessenen Aufmerksamkeitsverzerrungen (BI: $p > .57$ ; OI: $p > .08$ ; DI: $p > .08$ ) <u>Emotionaler Stroop Test:</u> AND hatte keinen signifikanten Haupteffekt auf die Reaktionsgeschwindigkeiten ( $p = .20$ ) AND hatte keinen signifikanten Haupteffekt auf die Fehlerraten ( $p = .70$ log $p = .65$ )
<b>Ye et al., 2019 Experiment 1</b>	<b>P</b>	48 Männer, 48 Frauen in der periovulatorischen Phase ( $14.19 \pm 0.91$ Tage seit Beginn ihrer letzten Periode eines normalisierten 28er-Zyklus)  Versuchsleiterin
	<b>I</b>	Emotionsentscheidungsaufgabe, ob prototypisch männlich/weiblicher point-light walker (PLW) fröhlich oder traurig läuft
	<b>C</b>	500 µM AND gelöst in Propylenglykol mit 1Vol.-% Nelkenöl/ 500 µM EST gelöst in Propylenglykol mit 1Vol.-% Nelkenöl/ Propylenglykol mit 1Vol.-% Nelkenöl
	<b>A</b>	5ml Flüssigkeit in Propylengläser mit zwei aus Teflon bestehenden Y-Nasenstücken, welche in die Nase gesteckt wurden
	<b>O</b>	<u>Männer:</u> AND hatte keinen Einfluss auf die Bewertung traurig/fröhlich (weibliche PLWs: $p = .638$ ; männliche PLWs: $p = .551$ ) <u>Frauen:</u> weibliche PLWs: mit AND als trauriger wahrgenommen ( $p = .009$ , $d = 0.59$ ) männliche PLWs: mit AND als fröhlicher wahrgenommen ( $p = .033$ ; $d = 0.47$ )
<b>Ye et al., 2019 Experiment 2</b>	<b>P</b>	48 Männer, 48 Frauen in der periovulatorischen Phase ( $15.52 \pm 1.03$ Tage seit Beginn ihrer letzten Periode eines normalisierten 28er-Zyklus)  Versuchsleiterin
	<b>I</b>	Emotionsentscheidungsaufgabe, ob prototypisch männlich/weiblicher point-light walker (PLW) entspannt oder nervös läuft
	<b>C</b>	500 µM AND gelöst in Propylenglykol mit 1Vol.-% Nelkenöl/ 500 µM EST gelöst in Propylenglykol mit 1Vol.-% Nelkenöl/ Propylenglykol mit 1Vol.-% Nelkenöl
	<b>A</b>	5ml Flüssigkeit in Propylengläser mit zwei aus Teflon bestehenden Y-Nasenstücken, welche in die Nase gesteckt wurden
	<b>O</b>	<u>Männer:</u> AND hatte keinen Einfluss auf die Bewertung entspannt/nervös <u>Frauen:</u> weibliche PLWs: AND hatte keinen Einfluss auf die Bewertung entspannt/nervös männliche PLWs: signifikant als entspannter wahrgenommen ( $p = .030$ ; $d = .48$ )



Tabelle 10: PICO – Tabelle der AND-Verhaltensstudien, welche die Auswirkungen Attraktivitätsbewertungen und Partnerwahl untersuchten

P: ProbandInnen und falls angegeben Geschlecht der versuchsleitenden Person. Hier ist auch zu entnehmen, ob die ProbandInnen in Versuchs- und Kontrollgruppen eingeteilt wurden. Falls die ProbandInnen mit allen Geruchsstoffen die Studien durchliefen, so steht unter diesem Punkt keine Gruppeneinteilung

I: Intervention (Methoden)

C: Comparison (Duftstoff/Kontrollstoff)

A: Applikationsart

O: Outcome (Ergebnisse). Bei fehlenden Effektstärken in der Tabelle, wurden auch in den Studien keine angegeben.

<b>Ferdenzi et al., 2016</b>	<b>P</b>	28 Männer, 31 Frauen, davon 13 in der fruchtbare Zyklusphase (14 -20 Tage bis zum erwarteten Ende ihres Zyklus) 18 in der unfruchtbare Zyklusphase, gaben den ersten Tag ihrer letzten Periode und ihre Zykluslänge an. <u>AND-Gruppe</u> 11 Männer 6 Frauen, fruchtbare Zyklusphase 12, unfruchtbare Zyklusphase <u>Kontrollgruppe:</u> 17 Männer 7 Frauen, fruchtbare Zyklusphase 6 Frauen, unfruchtbare Zyklusphase
	<b>I</b>	Bewertung von Stimmen und neutralen Gesichtern jeweils von Männern und Frauen <u>Bewertung des ersten Eindrucks:</u> Entscheidung, ob attraktiv oder unattraktiv (mit RZ-Messung) <u>Bewertung bezüglich Attraktivität und Weiblichkeit/Männlichkeit:</u> Bewertung auf fortlaufender Skala (ohne RZ-Messung)
	<b>C</b>	250 µM AND, Propylenglykol und 1% Nelkenöl/ Propylenglykol mit 1%Nelkenöl
	<b>A</b>	Dermal unterhalb der Nasenlöcher
	<b>O</b>	<u>erster Eindruck:</u> Frauen, fruchtbare Zyklusphase: Reagierten mit AND langsamer auf männliche Gesichter (p < .001) Frauen, unfruchtbare Zyklusphase: Reagierten mit AND schneller bei allen Stimuli (Gesichter und männliche Stimmen: p < .001; weibliche Stimmen: p < .05) Männer: Reagierten mit AND langsamer auf alle Stimuli außer männliche Gesichter (weibliche Gesichter: p < .05; weibliche Stimmen: p < .001; männliche Stimmen p < .05) Insgesamt: erster Eindruck attraktiv/unattraktiv nicht durch AND beeinflusst (p > .067)  <u>Attraktivitätsbewertung:</u> Frauen, fruchtbare Zyklusphase: Mit AND höhere Attraktivitätsbewertungen für männliche Stimuli (Gesichter: p < .001; Stimmen: p < .01) Frauen, unfruchtbare Zyklusphase: Mit AND höhere Attraktivitätsbewertungen für Gesichter (jeweils p < .001) Männer: Mit AND höhere Attraktivitätsbewertungen für Frauenstimmen (p < .05)  <u>Bewertung der Maskulinität:</u> Frauen, fruchtbare Zyklusphase: Mit AND weibliche Gesichter und Stimmen als weniger maskulin (jeweils p < .001) Frauen, unfruchtbare Zyklusphase: Mit AND männliche (p < .001) und weibliche (p < .01) Gesichter maskuliner, weibliche Stimmen (p < .05) als weniger maskulin Männer: Mit AND männliche Gesichter als weniger maskulin (p < .001)
<b>Frey, 2012 Studie 2</b>	<b>P</b>	51 Frauen, die alle seit mindestens 6 Monaten hormonelle Kontrazeptiva verwendeten <u>AND-Gruppe:</u> 28 Frauen <u>Kontrollgruppe:</u> 23 Frauen  Versuchsleiterin

	I	Bewertung von Männer- und Frauengesichtern mit glücklichem, ärgerlichem, neutralem Gesichtsausdruck bezüglich Erregung, Valenz, Attraktivität, Sympathie
	C	250 µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Eugenol/ Propylenglykol mit 1% Eugenol
	A	1ml dermal zwischen Nase und Oberlippe
	O	kein signifikanter Einfluss von AND auf die subjektiven Gesichtsbewertungen (alle ps > .25)
<b>Hare et al., 2017 Aufgabe 2</b>	P	43 Männer, 51 Frauen (keine Angabe der Menstruationszyklusphase) Alle ProbandInnen erhielten entweder die AND- oder die EST-Lösung und jede/r erhielt die Kontrolllösung  Versuchsleiter und Versuchsleiterin
	I	Bewertung von frontalen Farbfotos von neutralen Gesichtern des anderen Geschlechts hinsichtlich Attraktivität und wahrscheinlicher sexueller Untreue Ovale Masken verbargen den größten Teil der Haare und ließen die Gesichtskontur und den inneren Haaransatz sichtbar
	C	500µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1Vol.-% Nelkenöl (4ml)/ 500µM EST, gelöst in Propylenglykol mit 1Vol.-% Nelkenöl (4ml)/ Propylenglykol mit 1Vol.-% Nelkenöl (4ml)
	A	Wattebausch unterhalb der Nase mit entsprechender Lösung
	O	AND hatte keinen Einfluss auf die Bewertungen bezüglich Attraktivität und potenzieller Untreue möglicher PartnerInnen Differenzen zwischen AND- bzw. EST-Behandlung und Kontrollbedingung wurden für den zweistufigen Faktor „Pheromon“ in einer ANOVA verwendet: „Pheromon“: Attraktivitätsbewertung: p = .129; r = 0.160 Bewertung der wahrscheinlichen Untreue: p = .965; r = .005 Das Geschlecht des Versuchsleitenden hatte darauf keinen Effekt: Attraktivitätsbewertung: p = .336; Untreuebewertung: p = .765
<b>Lundstrom &amp; Olsson, 2005</b>	P	37 Frauen, davon 4 zwischen dem 1-5 Tag ihres Zyklus 14 zwischen dem 6-14 Tag ihres Zyklus 9 zwischen dem 15-35 Tag ihres Zyklus, basierend auf einem Selbstbericht über den Beginn der Menstruation  Versuchsleiter und Versuchsleiterin
	I	Attraktivitätsbewertung von männlichen Gesichtern (bis Schultern) mit RZ-Messung
	C	250 µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Nelkenöl/ Propylenglykol mit 1% Nelkenöl
	A	Dermal (oberhalb) auf Oberlippe
	O	weder die Log-RZ (ps > .17) noch die Attraktivitätsbewertung (ps > .31) wurde durch AND beeinflusst, jeweils unabhängig vom Geschlecht des Versuchsleitenden (ps > .33)
<b>Parma et al., 2012 Experiment 2</b>	P	102 Männer, 103 Frauen, davon 51 in der Follikelphase (6.-15 Tag) 52 in der Menstruationsphase bzw. Lutealphase (1.-5 und 16.-28Tag), umgerechnet individuelle Zykluslänge - standardisierter 28-Tage -Zyklus <u>AND-Gruppe:</u> 26: Frauen während 1.-5. Tag oder 16.-28. Tag 26: Frauen während 6.-15. Tag 26: Männer <u>Kontrollgruppe:</u> 26: Frauen während 1.-5. Tag oder 16.-28. Tag 25: Frauen während 6.-15. Tag 26: Männer
	I	Attraktivitätsbewertung von weiblichen Gesichtern
	C	250 µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Nelkenöl/ Propylenglykol mit 1% Nelkenöl

	<b>A</b>	Dermal zwischen Mund und Nase (ca. 2 nmol AND)
	<b>O</b>	<u>Frauen in der Follikelphase:</u> In der Kontrollsituation bewerteten sie die Gesichter von Frauen im Vergleich zu den Frauen in der unfruchtbaren Zyklusphase als weniger attraktiv ( $p < .05$ ) Kein Unterschied zwischen AND- und Kontrolllösung ( $p > .05$ ) <u>Frauen in der unfruchtbaren Zyklusphase:</u> Bewerteten Frauengesichter als weniger attraktiv mit AND ( $p < .05$ )
<b>Saxton et al., 2008a; Saxton et al., 2008b</b>	<b>P</b>	1. Event: 21 Männer, 25 Frauen 2. Event: 17 Frauen 3. Event: 12 Frauen Keine genaue Angabe des Menstruationszyklus, jedoch Einschluss von verschiedenen Zyklusphasen. Zyklusphase hatte keinen Einfluss auf die Attraktivitätswertungen  Erhielten eine der drei Lösungen
	<b>I</b>	Speed-Dating Events: Frauen bewerteten die Attraktivität der Männer, ProbandInnen notierten, ob sie sich wieder treffen möchten
	<b>C</b>	250 $\mu$ M AND gelöst in Propylenglykol mit 1% Nelkenöl/ Propylenglykol mit 1% Nelkenöl/ Wasser
	<b>A</b>	jeweilige Lösung auf einem Wattepad auf der Haut unterhalb der Nase
	<b>O</b>	<u>Attraktivitätsbewertung:</u> Event 1: Frauen mit AND bewerteten Männer attraktiver als Frauen mit Nelkenöl oder Wasser ( $p < .001$ ) Event 2: Nur noch zwischen den Frauen mit AND und Wasser signifikanter Unterschied ( $p = .043$ ); kein signifikanter Unterschied zwischen den Frauen mit AND und Nelkenöl ( $p = .336$ ) Event 3: Kein signifikanter Unterschied zwischen den Geruchsapplikationen ( $p = .683$ ) <u>Auswahlraten:</u> Event 1: Männer wurden signifikant seltener von Frauen mit Wasser als mit Nelkenöl ( $p = .005$ ) oder AND ( $p = .007$ ) ausgewählt, wobei sich Frauen mit Nelkenöl und AND nicht unterschieden ( $p = .827$ ) Event 2 und 3: Kein signifikanter Unterschied zwischen den Geruchsapplikationen ( $p = .169$ ) bzw. ( $p = .213$ )

Tabelle 11: PICO – Tabelle der AND-Verhaltensstudien, welche die Auswirkungen auf die Gedächtnisleistung und Wachsamkeit untersuchten

P: ProbandInnen und falls angegeben Geschlecht der versuchsleitenden Person. Hier ist auch zu entnehmen, ob die ProbandInnen in Versuchs- und Kontrollgruppen eingeteilt wurden. Falls die ProbandInnen mit allen Geruchsstoffen die Studien durchliefen, so steht unter diesem Punkt keine Gruppeneinteilung

I: Intervention (Methoden)

C: Comparison (Duftstoff/Kontrollstoff)

A: Applikationsart

O: Outcome (Ergebnisse). Bei fehlenden Effektstärken in der Tabelle, wurden auch in den Studien keine angegeben.

<b>Bensafi et al., 2004a</b>	<b>P</b>	36 Männer, 36 Frauen, alle um den 14. Tag ihres Zyklus, gezählt ab 1. Tag der Monatsblutung, Jeder erhielt nur eine der Mischungen  Versuchsleiter gleichen Geschlechts: Interaktion, Versuchsleiter anderen Geschlechts: Geruchspräsentation
	<b>I</b>	Multiple-Choice Fragen zu traurigem, fröhlichem und sexuell erregendem Film
	<b>C</b>	50mg AND, kristalline Form/50mg EST, kristalline Form/50mg Backpulver
	<b>A</b>	in identischen opaken 60ml-Gläsern
	<b>O</b>	nach Exposition von AND nahm die Gedächtnisleistung für den traurigen Film im Vergleich zur Kontrolle ( $p < .0333$ ) und EST ( $p < .0083$ ) ab

<b>Frey, 2012 Studie 2</b>	<b>P</b>	51 Frauen, die alle seit mindestens 6 Monaten hormonelle Kontrazeptiva verwendeten <u>AND-Gruppe: 28 Frauen</u> <u>Kontrollgruppe: 23 Frauen</u>  Versuchsleiterin
	<b>I</b>	<u>Tonische Wachsamkeit:</u> Probandinnen mussten schnellstmöglich auf ein auf dem Bildschirm erscheinendes Kreuz reagieren <u>Phasische Wachsamkeit:</u> Dem Kreuz, aus das die Probandinnen schnellstmöglich reagieren sollten, ging ein Warnsignal voraus
	<b>C</b>	250 µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Eugenol/ Propylenglykol mit 1% Eugenol
	<b>A</b>	1ml dermal zwischen Nase und Oberlippe
	<b>O</b>	kein Einfluss von AND auf die Aufgabenerfüllung der TeilnehmerInnen, also phasische ( $p = .72$ ) und tonische ( $p = .88$ ) Achtsamkeit
	<b>Hummer et al., 2017</b>	<b>P</b>
<b>I</b>		fMRT-Studie soziale/nicht soziale Bilder mit positiver, neutraler oder negativer Valenz wurden gezeigt ProbandInnen sollten darauf NICHT motorisch reagieren Davor mitgeteilt, dass man sie danach zu den Bildern abfragen wird. Nach dem Scansvorgang mussten ProbandInnen angeben, ob die Bilder während des Scans präsentiert wurden
<b>C</b>		250µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Nelkenöl/ Propylenglykol mit 1% Nelkenöl
<b>A</b>		Dermale Applikation auf Oberlippe (ca. 9nmol AND)
<b>O</b>		ProbandInnen waren nach jeder Sitzung weniger aufmerksam, nur Zeiteffekt, keine anderen Effekte ( $p > .10$ ) Reaktionszeit*Geruch * Valenz der Bilder ( $p=.006$ ), teilweise getrieben durch relativ langsamere Reaktion auf sozial negative Bilder und schnellere Reaktionen auf sozial positive Bilder in der AND-Sitzung Keine Geruchs- oder Geruchs * Valenz Effekte auf die RZ und Fehlerraten
<b>Jacob &amp; McClintock, 2000 Experiment 1</b>	<b>P</b>	10 Männer, 10 Frauen, deren Menstruationszyklusphase nicht berichtet wurde
	<b>I</b>	Fragebogen nach 6 Minuten im Labor und nach 2, 4, 9 Stunden nach initialer Applikation im Alltag
	<b>C</b>	250µM AND gelöst in Propylenglykol/ Propylenglykol
	<b>A</b>	130 µl dermal unterhalb der Nase und im Bereich der A. carotis
	<b>O</b>	keinen Einfluss von AND auf die selbstwahrgenommene Wachsamkeit weder nach 6 Minuten noch im Alltag
<b>Jacob et al., 2002</b>	<b>P</b>	19 Männer, 18 Frauen, die alle während der späten Follikelphase/ periovulatorischen Phase ihres Zyklus gemessen wurden. Dies wurde auf Grundlage von - 2x Menstruationsbeginn von zwei aufeinanderfolgenden Zyklen - tägliche Basaltemperatur - vaginale Sekrete - Menses - Luteinisierendes Hormon im Urin bestimmt  Versuchsleiter und Versuchsleiterin
	<b>I</b>	Fragebögen u.a. Wachsamkeit

	<b>C</b>	250µM AND gelöst in 90Vol.-% Propylenglykol mit 10Vol.-% Nelkenöl/ 250µM Androstenol gelöst in 90Vol.-% Propylenglykol mit 10Vol.-% Nelkenöl/ 250µM Muscon gelöst in 90Vol.-% Propylenglykol mit 10Vol.-% Nelkenöl
	<b>A</b>	Passive Inhalation (50 µl) Und Epidermale Applikation (130 µl)
	<b>O</b>	AND konnte den Anstieg des Clearheaded-lucid Faktors verhindern, welcher bei der Muscon-Lösung ( $p < .04$ ) und der Androstenol -Lösung ( $p < .003$ ) auftauchte. Expositionsmethode hatte keinen Einfluss auf irgendeinen Faktor, der abgefragt wurde ( $.077 \leq ps \leq .99$ ) Keine Unterschiede bei den Messungen zwischen männlichen und weiblichen Versuchsleitenden ( $.32 \leq ps \leq .96$ )
<b>Lundstrom &amp; Olsson, 2005</b>	<b>P</b>	37 Frauen, davon 4 zwischen dem 1-5 Tag ihres Zyklus 14 zwischen dem 6-14 Tag ihres Zyklus 9 zwischen dem 15-35 Tag ihres Zyklus, Basierend auf einem Selbstbericht über den Beginn der Menstruation  Versuchsleiter und Versuchsleiterin
	<b>I</b>	<u>Fragebogen</u> <u>Aufmerksamkeitsaufgabe:</u> Mittels Joysticks kleines Quadrat innerhalb eines größeren, sich ständig bewegenden Quadrats halten
	<b>C</b>	250 µM AND, gelöst in Propylenglykol mit 1% Nelkenöl/ Propylenglykol mit 1% Nelkenöl
	<b>A</b>	Dermal auf der Oberlippe
	<b>O</b>	<u>Subjektiv:</u> Fühlten sich tendenziell mit AND fokussierter als ohne ( $p = .05$ ) dies war v.a. der Fall bei einem Versuchsleiter ( $p < .05$ ) und bei einer Versuchsleiterin nicht signifikant <u>objektiv:</u> keine Haupt- oder Interaktionseffekte von Geruch ( $p = .65$ ) oder Geschlecht des Versuchsleitenden ( $ps > .42$ )

### 3. Erklärung zum Eigenanteil

Die Arbeit wurde in der Klinik Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie in der Arbeitsgruppe Innovative hirnfunktionelle Verfahren unter Betreuung von Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Birgit Derntl durchgeführt.

Die Datenrecherche und Datenextraktion anhand eines Datenextraktionsblattes, welches in Zusammenarbeit mit Frau Prof. Derntl entwickelt wurde, erfolgte für das systematische Review eigenständig durch mich.

Herr Dr. Jonas Hornung hat die Daten der Verhaltensstudie zur Verfügung gestellt. Die statistische Auswertung erfolgte eigenständig durch mich.

Ich versichere, die vorliegende Doktorarbeit selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Frau Prof. Derntl hat die Arbeit betreut und hat die Doktorarbeit korrigiert.

Tübingen, den 05.03.2021

---

Julia Anna Auer