

Aus der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde

Direktor: Herr Prof. Dr. med. Dr. h.c. Thomas Zahnert

---

## **Einfluss von Gerüchen auf den Nachtschlaf**

D i s s e r t a t i o n s s c h r i f t

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin

Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus

der Technischen Universität Dresden

von

Pia Marie Zimmermann

aus Dresden

Dresden 2022

---

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Thomas Hummel

2. Gutachter:

Tag der mündlichen Prüfung (Verteidigungstermin):

gez.: -----

Vorsitzender der Promotionskommission

Anmerkung:

Die Eintragung der Gutachter und Tag der mündlichen Prüfung (Verteidigung) erfolgt nach Festlegung von Seiten der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus der Technischen Universität Dresden. Die oben genannten Eintragungen werden durch die Doktoranden nach der Verteidigung zwecks Übergabe der fünf Pflichtexemplare an die Zweigbibliothek Medizin in gedruckter Form oder handschriftlich vorgenommen.

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	III
Abkürzungsverzeichnis .....	VII
Abbildungsverzeichnis .....	VIII
1 Einleitung .....	1
1.1 Der olfaktorische Sinn .....	1
1.1.1 Anatomie .....	1
1.1.2 Physiologie .....	2
1.1.3 Riechbahn .....	2
1.2 Die Elektroenzephalografie .....	3
1.2.1 Grundlagen .....	3
1.2.2 EEG und Olfaktion .....	4
1.3 Schlaf .....	5
1.3.1 Allgemeines .....	5
1.3.2 Riechen und Schlaf .....	5
1.3.3 Schlafstadien .....	6
1.4 Einflüsse auf das Riechen .....	6
1.4.1 unveränderliche Faktoren .....	6
1.4.2 veränderliche Faktoren .....	7
2 Hintergrund, Hypothese und Ziel .....	8
3 Material und Methoden .....	9
3.1 Studiendesign .....	9
3.2 Ablauf der Termine .....	9
3.3 Probandenkollektiv .....	11
3.4 Pilotstudie .....	12
3.5 Riechtestungen .....	14
3.5.1 Der Identifikationstest .....	15
3.5.2 Der Diskriminationstest .....	16

---

3.5.3	Der Schwellentest .....	16
3.6	Schlafdokumentation.....	17
3.6.1	Schlaftagebuch .....	17
3.6.2	Schlafphasen .....	18
3.7	Fragebögen und Tests .....	19
3.7.1	Anamnese.....	19
3.7.2	Bedeutung der Geruchswahrnehmung.....	19
3.7.3	NEO-FFI.....	20
3.7.4	HADS.....	21
3.7.5	d2R – Test .....	21
3.7.6	TMT .....	22
3.8	EEG .....	23
3.8.1	EEG-Aufzeichnung.....	23
3.8.2	Corsi-Block-Tapping-Test.....	24
3.8.3	EEG-Aufnahmen mit Nasenclip.....	25
3.9	Datenanalyse .....	25
4	Ergebnisse .....	27
4.1	Deskriptive Statistik .....	27
4.2	Riechtestungen .....	27
4.3	Schlafdokumentation.....	29
4.3.1	Schlaftagebuch .....	29
4.3.2	Schlafphasen .....	31
4.3.2.1	REM-Schlaf.....	31
4.3.2.2	Zeit im Bett .....	32
4.4	Duftbewertung.....	32
4.5	Fragebögen und Tests .....	33
4.5.1	Anamnese.....	33
4.5.2	Bedeutung der Geruchswahrnehmung.....	33
4.5.3	NEO-FFI.....	34
4.5.4	HADS.....	35

---

4.5.5	d2R-Test .....	35
4.5.6	TMT .....	35
4.6	EEG-Aufnahmen .....	36
4.7	Gruppenstatistiken .....	36
4.7.1	Riechtestungen .....	36
4.7.2	Fragebögen.....	36
4.7.3	Schlafphasen .....	37
4.7.3.1	Wachheit .....	37
4.7.3.2	REM-Schlaf.....	37
4.7.3.3	Tiefschlaf.....	37
4.8	Zusammenfassung Ergebnisse .....	38
5	Diskussion.....	39
5.1	Riechen.....	39
5.2	Schlafen.....	39
5.3	EEG-Messungen.....	41
5.4	Testungen .....	41
5.5	Emotionen.....	42
5.6	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	43
6	Zusammenfassung.....	44
7	Summary.....	45
	Literaturverzeichnis .....	46
	Anhang.....	55
	Fragebögen .....	55
	Bedeutung der Geruchswahrnehmung .....	55
	questionnaire: significance of smell perception.....	56
	Schlafstagebücher.....	57
	Schlafstagebuch – deutsche Version .....	57
	Schlafstagebuch – englische Version.....	58
	Tabellen.....	60
	Tabelle 1 .....	60

Tabelle 2 .....	60
Tabelle 3 .....	60
Tabelle 4 .....	61
Tabelle 5 .....	61
Tabelle 6 .....	62
Tabelle 7 .....	63
Tabelle 8 .....	64
Tabelle 9 .....	64
Tabelle 10 .....	65
Danksagung .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
Versicherung .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>

# Abkürzungsverzeichnis

cAMP cyclisches Adenosinmonophosphat  
Co. KG Compagnie Kommanditgesellschaft

EEG Elektroenzephalogramm/ Elektroenzephalografie  
EPSP exzitatorisches postsynaptisches Potential  
ERP event related potential (ereignisbezogenes Potential)

HADS Hospital Anxiety and Depression Scale

IPSP inhibitorisches postsynaptisches Potential

N Anzahl

ORN olfaktorisches Rezeptorneuron

PEA Phenylethylalkohol (Rosenduft)

REM rapid eye movement (schnelle Augenbewegung)

SD Standardabweichung  
SDI Schwelle, Diskrimination, Identifikation  
sleepimp sleep improvement (Schlafverbesserung)  
SWS slow wave sleep (langsamer Wellenschlaf)

T Riechschwelle (Threshold)

TMT Trail Making Test

VAS Visuelle Analogskala

$\bar{X}$  Mittelwert

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Riechbahn im Mediansagittalschnitt (1 Riechschleimhaut, 2 Fila olfactoria, 3 Bulbus olfactorius, 4 Tractus olfactorius, 5 Stria olfactoria medialis, 6 Stria olfactoria lateralis, 7 Area prepiriformis, 8 Formatio reticularis). .....	2
Abbildung 2: Ablauf erster Termin. ....	10
Abbildung 3: Ablauf zweiter und dritter Termin. ....	11
Abbildung 4: Bewertung der Intensität und Angenehmheit von Orange und Sleepimp in verschiedenen Konzentrationen sowie Terpeneol.....	13
Abbildung 5: Bewertung der Intensität und Angenehmheit von Orange und Sleepimp jeweils im Verhältnis 1:60 sowie Laurinal im Verhältnis 1:1.....	14
Abbildung 6: Sniffin` Sticks: Vorn der Identifikationstest mit Auswahlmöglichkeiten, in der Mitte der Diskriminationstest, hinten der Schwellentest. ....	14
Abbildung 7: Probandin und Versuchsleiterin während des Identifikationstestes. ....	15
Abbildung 8: Präsentation eines Sniffin` Sticks zur Ermittlung der Riechschwelle. ....	16
Abbildung 9: Proband kurz vor Beginn der EEG-Aufnahmen. Er trägt eine medium/large EEG-Haube mit 64 Elektroden, außerdem acht externe Elektroden. ....	23
Abbildung 10: Mittelwerte der Riechschwelle der ersten Sitzung der verschiedenen Duftgruppen mit SD.....	27
Abbildung 11: SDI-Mittelwerte des ersten Treffens der verschiedenen Duftgruppen mit SD.	28
Abbildung 12: Mittelwerte der Differenzen zwischen zweiter und erster Riechschwelle der Duftgruppen mit SD.....	29
Abbildung 13: Mittelwerte der Schlaftagebücher aller Duftgruppen in der ersten Studienphase mit SD. ....	30
Abbildung 14: Mittelwerte der Schlaftagebücher aller Duftgruppen in der zweiten Studienphase mit SD.....	30
Abbildung 15: Mittelwerte des REM-Schlafs der 13. und 14. Nacht unter Duftexposition in den verschiedenen Duftgruppen mit SD. ....	31
Abbildung 16: Mittelwerte des REM-Schlafs der 5. und 6. Nacht ohne Duftexposition in den verschiedenen Duftgruppen mit SD. ....	31
Abbildung 17: Mittelwerte der Duftbewertung des designierten Duftes durch die Duftgruppen mit SD. ....	32
Abbildung 18: Herkunft (a) und Beschäftigung (b) der Probanden. ....	33
Abbildung 19: Mittelwerte der Gesamtwerte der Geruchswahrnehmung der ersten Sitzung aller Duftgruppen mit SD. ....	34



Abbildung 20: Mittelwerte der Kategorien des NEO-FFI, verteilt auf die unterschiedlichen Duftgruppen mit SD.....35

# 1 Einleitung

Sinnesorgane dienen der Aufnahme von Reizen mittels spezifischer Sinneszellen. Der Mensch hat fünf klassische: Sehen, Hören, Fühlen, Schmecken und Riechen. Letzteres stand im Fokus dieser Arbeit mit dem Thema: Einfluss von Gerüchen auf den Nachtschlaf. Zum Verständnis für die Thematik, mit denen sich die Studie beschäftigt, folgt zuerst eine Darstellung des Riechens. Diese beleuchtet die Anatomie, Physiologie sowie die Verarbeitung dieser Sinnesempfindung im Gehirn. Alsdann werden die Grundlagen des Elektroenzephalogramms erklärt und dessen Bezug zum Riechen beschrieben. Das dritte Kapitel der Einleitung behandelt Schlaf zunächst im Allgemeinen, anschließend Riechen und Schlaf sowie die Schlafstadien des Menschen. Zuletzt werden Einflüsse auf das Riechen im Allgemeinen erörtert, wobei zwischen veränderlichen und unveränderlichen Faktoren unterschieden wird.

## 1.1 Der olfaktorische Sinn

### 1.1.1 Anatomie

Das Skelett der äußeren Nase besteht aus Knochen, Knorpel und Bindegewebe. Durch die beiden Nasenlöcher gelangt man zum inneren Anteil der Nase. Die zwei Nasenhöhlen werden durch das Nasenseptum voneinander getrennt, welches somit die mediale Begrenzung darstellt. Die innere, laterale Nasenwand hingegen wird durch die drei Nasenmuscheln geformt (Concha nasalis superior, media et inferior). Jeweils unterhalb der Nasenmuscheln verlaufen die Nasengänge (Meatus nasi superior, media et inferior). In die Nasengänge münden die Nasennebenhöhlen, welche mit Luft gefüllte Hohlräume sind. Nach dorsal weisen die Nasenhöhlen je eine Öffnung (Choane) zur Mund- beziehungsweise Rachenhöhle auf. Das Innere der Nase ist mit Schleimhaut ausgekleidet, die der Befeuchtung und Erwärmung der eingeatmeten Luft dient (Harkema et al., 2006). Histologisch handelt es sich um mehrreihiges Flimmerepithel mit Kinozilien-tragenden Zellen und Becherzellen. Das Riechepithel der Regio Olfactoria befindet sich auf der oberen Nasenmuschel, dem gegenüberliegenden Nasenseptum, aber auch auf dem Ansatz der mittleren Nasenmuschel. Es umfasst insgesamt circa 2 – 5 cm<sup>2</sup> (Hick und Hick, 2013; Fitzek et al., 2022). Die Axonbündel der sich dort befindlichen Sinneszellen laufen als Nervenfasern (Fila olfactoria) durch die Lamina cribrosa des Siebbeins zum Riechkolben (Bulbus olfactorius).

## 1.1.2 Physiologie

Das Spektrum an natürlich vorkommenden Düften umfasst flüchtige und nichtflüchtige Moleküle, welche meist einen komplexen Mix darstellen und selten einen einzelnen Duft (Manzini et al., 2022). Es existieren zwei Wege für die Moleküle: ortho- und retronasal. Orthonasal beschreibt den Weg beginnend bei den Nasenlöchern, entlang der Nasengänge zur Regio Olfactoria. Lediglich ein geringer Prozentsatz der Atemluft erreicht diese orthonasal, welches der Größe der Regio Olfactoria geschuldet ist. Der zweite Weg - retronasal - wird bei der Nahrungsaufnahme genutzt (Ni et al., 2015). Hierbei gelangen die Duftstoffe, die in der Mundhöhle freigesetzt werden, über die Choanen zur Regio Olfactoria. An Ort und Stelle angekommen diffundieren diese durch den Riechschleim und können nun an die olfaktorischen Rezeptoren binden. Die Zusammensetzung des Riechschleims, die Gegenwärtigkeit von Enzymen (welche die chemische Struktur der Duftstoffe ändern), wie auch die Verfügbarkeit von Duftstoffe bindenden Proteinen, bilden allesamt Faktoren, welche die Konzentration von Duftstoffen, die die olfaktorischen Rezeptoren im olfaktorischen Epithel erreichen, beeinflusst (Manzini et al., 2022). Es handelt sich hier primär um G-Protein-gekoppelte Rezeptoren (Hick und Hick, 2013). Durch die Bindung des Duftstoffs wird ein G-Protein aktiviert, welches eine Adenylatcyclase stimuliert, sodass cAMP (cyclisches Adenosinmonophosphat) entsteht. cAMP bindet an CNG-Ionenkanäle (cyclic nucleotide-gated) und öffnet diese. Calcium und Natrium strömen nun ins Zellinnere, zusätzlich öffnet Calcium einen Chloridkanal, wodurch Chlorid aus der Zelle herausströmt und die Depolarisation verstärkt wird (Hengl et al., 2010). Da es sich um primäre Sinneszellen handelt bildet sich bei Erreichen des Schwellenpotentials ein Aktionspotential in der Zelle aus. Das elektrische Signal wird nun entlang des Axons, durch die Lamina cribrosa zum ipsilateralen Bulbus olfactorius geleitet. Bereits auf dieser peripheren Ebene kann es zu Modulationen der Reizverarbeitung kommen, genauer gesagt der olfaktorischen Rezeptoren. So ist die Lamina cribrosa von autonomen Nervenfasern durchzogen, welche Adrenalin und Acetylcholin freisetzen können, letzteres kann die Aktivität der Rezeptoren steigern (Manzini et al., 2022).

## 1.1.3 Riechbahn

Abbildung 1: Riechbahn im Mediansagittalschnitt (1 Riechschleimhaut, 2 Fila olfactoria, 3 Bulbus olfactorius, 4 Tractus olfactorius, 5 Stria olfactoria medialis, 6 Stria olfactoria lateralis, 7 Area prepiriformis, 8 Formatio reticularis).

Das Riechhirn (Rhinencephalon) ist ein wichtiger Teil des Allocortex, welcher die phylogenetisch alten Abschnitte des Cortex umfasst. Die Riechbahn, die ein Teil des Riechhirns ist, wurde in Abbildung 1 für ein besseres Verständnis des Signalweges skizziert. Sie besteht aus drei Neuronen, beginnend mit dem olfaktorischen Rezeptorneuron (ORN), welche sich in der Riechschleimhaut (1) befinden. Die Axone der ORN laufen gebündelt als Filae Olfactoriae (2) durch die Lamina cribrosa und werden summiert als Nervus olfactorius (erster Hirnnerv) bezeichnet. Nach Passieren der Lamina cribrosa ist der Bulbus olfactorius (3) – das primäre olfaktorische Areal – erreicht. Die Axone der ORN konvergieren nun auf Mitralzellen (zweites Neuron). Das Axon des zweiten Neurons zieht, nun Teil der zentralen Riechbahn, als Tractus olfactorius (4) nach okzipital und teilt sich in Stria olfactoria medialis (5) und lateralis (6). Diese ziehen zu den sekundären olfaktorischen Arealen des olfaktorischen Kortex (7) bestehend aus dem Nucleus olfactorius anterior, dem piriformen Kortex, dem entorhinalen Kortex, der kortikalen Amygdala und dem olfaktorischen Tuberkel (Schünke et al., 2012). Als einziger Sinneseindruck kommt das Riechen also ohne Einschaltung des Thalamus zu kortikalen Strukturen (Gottfried, 2006). Die Riechbahn unterhält zusätzliche Verbindungen zum Hypothalamus, zum Thalamus, zur Amygdala und limbischen System, und zur Formatio reticularis (8).

## 1.2 Die Elektroenzephalografie

### 1.2.1 Grundlagen

Die Elektroenzephalografie (EEG) ist eine Untersuchungsmethode, bei der die elektrische Aktivität des Kortex mit auf der Kopfhaut platzierten Elektroden gemessen wird. Die gemessenen Spannungsschwankungen resultieren aus Potentialschwankungen, wobei es sich nicht um Aktionspotentiale, sondern erregende und hemmende postsynaptische Potentiale (EPSP und IPSP) von Pyramidenzellen der tiefen Kortexschichten handelt (Olejniczak, 2006). Die abgeleiteten Spannungsschwankungen werden im Zeitverlauf dargestellt. Somit handelt es sich bei EEG-Daten um Wellen, welche mit Amplitude, Frequenz und Form beschrieben und beurteilt werden können. Anhand der Frequenz gemessen in Hertz (Hz) können verschiedene Wellenformen unterschieden werden, welche in Tabelle 1 dargestellt sind. Caton konnte 1875 das erste Mal elektrische Hirnaktivitäten, an Affen- und Kaninengehirnen, messen. Berger erstellte 1924 die ersten „Elektrenkephalogramme“ von Menschen. Heutzutage wird das EEG in verschiedenen Bereichen, wie Epilepsie- und Hirntoddiagnostik, zur Bestimmung der Narkosetiefe, in der Schlafmedizin und in diversen Studien angewandt. Der Hauptnutzen des EEGs besteht in der Bewertung der dynamischen Hirnfunktion: Es spiegelt die Hirnaktivität wider. Eine

Magnetresonanztomografie oder auch eine Computertomografie hingegen stellen diagnostische Verfahren zur Bildgebung innerer Organe und Gewebe dar. Sie geben Informationen über Aufbau und Struktur und erstellen Schnittbilder, welche auch als statisch angesehen werden können. Zudem sind EEG-Aufnahmen kostengünstiger, besser verfügbar, risikoärmer und es gibt weniger Kontraindikationen. Jedoch kann die EEG-Aufnahme durch elektrische Aktivitäten, sei es aus der Umwelt oder vom menschlichen Körper stammend, beeinflusst werden. Andere elektrische Geräte, aber auch Muskelkontraktionen, beispielsweise des Musculus temporalis, können die EEG-Signale überlagern und eine Analyse erschweren oder auch unmöglich machen (St. Louis et al., 2016). Zusätzlich gilt es zu bedenken, dass das erhaltene Signal ein abgeschwächtes ist, da es zunächst das Gehirn, den Liquor cereбрalis, die Meningen, und den knöchernen Schädel durchquert, um schließlich an der Kopfhaut von der Elektrode detektiert werden zu können.

### **1.2.2 EEG und Olfaktion**

Das olfaktorische System des Menschen erstreckt sich über diverse Strukturen des Telencephalons. So ist davon auszugehen, dass olfaktorische Reize eine weit verbreitete Aktivität hervorrufen und diese im EEG darstellbar ist, obwohl ein Großteil der Riechbahn subkortikal gelegen ist. Lorig und Schwartz konnten 1988 nachweisen, dass Düfte das zentrale Nervensystem (ZNS) beeinflussen und dies im EEG erkennbar ist (Lorig und Schwartz, 1988). Generell kann zwischen spontanen EEGs und ereignisbezogenen Potentialen (event related potentials – ERP) unterschieden werden. 1962 wurde eine erste Studie gestaltet um die Wirkung eines Parfums auf spontane EEGs zu untersuchen (Van Toller et al., 1993). Moncrieff stellte bei der Mehrheit der verwendeten Düfte eine Reduzierung der Alpha-Wellen fest, außer bei ylang-ylang, welches keine Änderung hervorrief (Pinto et al., 2014). Im Gegensatz zu spontanen EEGs, welche keiner speziellen Reize bedürfen und die bestehende Grundaktivität des Gehirns aufnehmen, hängen ERPs mit einem bestimmten Ereignis zusammen, beispielsweise einem Sinnesreiz, dem der Proband unterliegt. Kobal und Hummel zeigten 1988, dass olfaktorische und chemische ereigniskorrelierte Potentiale zuverlässig über abgeleitet werden können (Kobal und Hummel, 1988). In den 90er Jahren des letzten Jahrhunderts kamen sehr unterschiedliche Ergebnisse bei EEG-Studien, die sich mit Olfaktion beschäftigten, zutage. Zahlreiche Ursachen kommen hierfür in Frage: unterschiedliche Anzahl ableitender Elektroden, unterschiedliche Dauer der EEG-Aufnahme, unterschiedliche Darbietung der Gerüche und unterschiedliche Gerüche (Martin, 1998). Die Variabilität der Resultate kann auch von der Verbindung der Riechbahn mit dem limbischen System beispielsweise der Amygdala stammen (Wilson und Stevenson, 2006). Die Amygdala spielt eine große Rolle in Bezug auf Emotion, Gedächtnis und autonomer Kontrolle. Diese Prozesse werden direkt mit dem

Riechen verknüpft und erhöhen die Komplexität der Geruchswahrnehmungserfahrung (Yazdani et al., 2012). Aber nicht nur die neuroanatomischen Strukturen sind gesondert in Betracht zu ziehen, sondern auch die Frequenzbänder des EEG. Es wird angenommen, dass die Veränderungen von Theta-Wellen Verschiebungen der Aufmerksamkeit oder der kognitiven Belastung während der olfaktorischen Wahrnehmung widerspiegeln, wobei eine Verringerung des Theta ein verringertes Aufmerksamkeitsniveau anzeigt (Martin, 1998). Desynchronisation von Alpha-Wellen wird von manchen als Aktivierung des Neocortex bei sensorischen Stimuli interpretiert (Cherninskii et al., 2010), von anderen als Zeichen der Aktivierung von Aufmerksamkeitsmechanismen interpretiert (Klimesch, 1999).

## **1.3 Schlaf**

### **1.3.1 Allgemeines**

Rund ein Drittel unseres Lebens verschlafen wir, daher liegt es nahe sich damit näher zu beschäftigen. Es ist allgemein bekannt, dass guter Schlaf wichtig ist. Während des Schlafens verarbeiten wir nicht nur Geschehnisse des vorangegangenen Tages. Es werden Zellen regeneriert, das Immunsystem gestärkt und unser Gedächtnis weiter ausgebildet. So ist auch nicht verwunderlich, dass schlechter oder zu kurzer Schlaf sich negativ auf unsere Gesundheit auswirken kann. Beispielsweise werden Schlafstörungen mit Erkrankungen des Herzkreislauf-Systems assoziiert (Spiegelhalder et al., 2010; Nakazaki et al., 2012). Außerdem gehen verschiedene Schlafstörungen wie das Schlafapnoe-Syndrom mit Beeinträchtigung des Geruchssinns einher (Salihoğlu et al., 2014).

### **1.3.2 Riechen und Schlaf**

An der Duftwahrnehmung des Menschen sind der Nervus olfactorius und der Nervus trigeminus beteiligt. Meist ist es ein Zusammenspiel beider Nerven, bei einigen Düften jedoch wird lediglich ein System aktiviert. CO<sub>2</sub> stimuliert beispielsweise den Nervus trigeminus und Vanillin hingegen den Nervus olfactorius. Zudem können wir auch im Schlaf riechen (Badia et al., 1990), aber Wecker mit Düften anstatt auditiven Reizen auszustatten stellt keine verlässliche Option bezüglich des Erwachens dar (Carskadon und Herz, 2004). Daraus kann jedoch nicht geschlussfolgert werden, dass olfaktorische Stimuli keine Einflüsse auf den menschlichen Körper haben. So zeigte sich, dass starke trigeminale Stimuli bei Menschen während des Nachtschlafs eine Weckreaktion hervorrufen können (Stuck et al., 2007). Des Weiteren können Riechreize vor dem Einschlafen oder während des Schlafs das Atemmuster, emotionale Trauminhalte, das Rauchverhalten, und andere Variablen beeinflussen (Goel et al., 2005; Schredl et al., 2009a; Arzi et al., 2014; Shanahan und

Gottfried, 2014). Andere Studien kombinierten Kognition, Schlaf und Riechen miteinander. Beispielsweise spielten Probanden kurz vor dem Schlafen ein Konzentrationsspiel unter Duftexposition; erhielten Teilnehmer denselben Duft während des SWS-Stadiums (slow wave sleep), schnitten sie am nächsten Morgen besser im Konzentrationsspiel ab (Rihm et al., 2014; Klinzing et al., 2018). Bezüglich der Duftwahl gilt es folglich auch auf dessen Eigenschaften zu achten.

### **1.3.3 Schlafstadien**

Der menschliche Schlaf lässt sich mittels EEG in vier Stadien einteilen. Stadium I: meist nur wenige Minuten anhaltend, neben Alpha-Wellen treten zunehmend Theta-Wellen auf. Stadium II: Gekennzeichnet durch Schlafspindeln (Beta-Spindeln) und K-Komplexe. Stadium III (mitteltiefer Schlaf): Charakteristisch sind Delta-Wellen, welche allerdings weniger als 50% der registrierten Wellen ausmachen. Stadium IV (Tiefschlaf): Delta-Wellen bestimmen auch hier das Bild, nun mehr als 50% der registrierten Wellen. Die Stadien III und IV können auch als SWS-Schlaf zusammengefasst werden (Klinzing et al., 2018). Diese vier Stadien zählen zum sogenannten Non-REM-Schlaf. REM steht hier für „rapid eye movement“ (schnelle Augenbewegung) und stellt eine weitere Schlafphase dar, charakterisiert durch schnelle Augenbewegungen. Diese Phase wird auch paradoxer Schlaf genannt, das EEG zeigt Charakteristika eines Wach- oder Einschlaf-EEG, jedoch ist der Schlafende schwer erweckbar, ähnlich einer Tiefschlafphase (Hick und Hick, 2013).

## **1.4 Einflüsse auf das Riechen**

### **1.4.1 unveränderliche Faktoren**

Das Riechen obliegt zahlreichen beeinflussenden Faktoren, denn wir befinden uns im ständigen Austausch mit unserer Umwelt. Unter diesen Faktoren finden sich solche, die wir nicht oder nur schwer verändern oder beeinflussen können. Mit zunehmendem Alter nimmt, analog zu anderen Sinnesorganen, auch die Riechfunktion ab. So besteht bei circa der Hälfte der US-amerikanischen 65-80-Jährigen eine Dysosmie (Doty und Kamath, 2014). Desgleichen herrscht ein Unterschied im Riechvermögen zwischen Frauen und Männern. An dieser Stelle gilt es zu differenzieren, welche Riechqualität im Fokus steht. „Frauen können besser riechen als Männer“ ist demzufolge eine zu verallgemeinerte Aussage. Es scheinen andere Aspekte zu sein, welche Frauen bessere Riechqualitäten zukommen lassen. Beinhalten olfaktorische Aufgaben ebenso verbale Verarbeitung schneiden Frauen besser als Männer ab, so beispielsweise bei der Geruchsidentifikation (Larsson et al., 2000; Öberg et al., 2002). Doch auch neuroanatomische Unterschiede, wie die Dicke der Kortex, ziehen unterschiedliche Ergebnisse bei Riechtestungen mit sich (Frasnelli et al., 2010). Ein weiterer

Aspekt, der zu Unterschieden in der Riechwahrnehmung führt, ist die Persönlichkeit eines Menschen. So können hohe Werte bei Offenheit für Erfahrungen sowie hohe Neurizitätswerte mit hohen Identifikationswerten assoziiert werden (Larsson et al., 2000). Durch die Verknüpfungen der Riechbahn mit dem limbischen System, welches bei größerer Emotionalität aktiver ist, ergibt sich eine mögliche Erklärung für Letzteres.

#### **1.4.2 veränderliche Faktoren**

Es gibt jedoch auch Faktoren die veränderbar sind beziehungsweise welche im Studiendesign identisch gestaltet werden können. So spielt beispielsweise die Uhrzeit der Testung der olfaktorischen Wahrnehmung eine Rolle. Das kann relativ einfach in Studien gestaltet werden, indem die Termine immer zur gleichen Uhrzeit stattfinden beziehungsweise Tageszeit. Auch ist das Riechen abhängig von der Stimmung, respektive Tagesform. Es überrascht daher nicht, dass Dysosmie, unter anderem, ein Symptom von Depression darstellt (Negoias et al., 2010; Croy und Hummel, 2017). Dass das Riechen wandelbar ist, Plastizität beweist, zeigt sich in der guten Trainierbarkeit dieses Sinnes. Bei Patienten mit Morbus Parkinson, welche zu einem großen Prozentsatz an Dysosmie leiden, konnte eine Verbesserung der Riechfunktion durch Training, in Form von wiederholtem Riechen bestimmter Düfte, erzielt werden (Haehner et al., 2013; Knudsen et al., 2015). Riechtraining bei Patienten mit postviraler Dysosmie scheint auch eine Verbesserung des Geruchssinnes zu bewirken (Damm et al., 2014; Geißler et al., 2014).



## 2 Hintergrund, Hypothese und Ziel

In den letzten Jahren beschäftigten sich zahlreiche Studien mit den Zusammenhängen zwischen verschiedenen Schlafparametern und dem Geruchssinn. Riechreize vor dem Einschlafen oder während des Schlafens können diverse Variablen beeinflussen: beispielsweise das Atemmuster, emotionale Trauminhalte, das Rauchverhalten und Gedächtnisleistungen, wie in 1.3.2. bereits erwähnt.

Das Ziel dieser Studie lag in der Untersuchung der Wirkung kontinuierlicher Duftexposition während des Nachtschlafs auf EEG- und psychophysische Parameter von gesunden Frauen und Männern. Dabei wurden drei verschiedene Gerüche und Placebo verglichen, unter der Hypothese, dass nicht alle Gerüche gleich effektiv wirken und dass die Schlafqualität der Probanden mit gleicher Effektivität verbessert werden kann. Die Gründe für die Variabilität der Resultate sind komplex, folglich ist es von Bedeutung ein großes, homogenes Probandenkollektiv anzustreben.

# 3 Material und Methoden

## 3.1 Studiendesign

Bei der Studie handelte es sich um eine prospektiv experimentelle, einfach verblindete, Placebo-kontrollierte Studie. Das Design wurde der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der TU Dresden vorgestellt und durch diese genehmigt (EK377082019). Die Datenerhebung erfolgte in einem Zeitraum von 12 Monaten (November 2019 - November 2020). Die Durchführung vollzog sich in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki. Die Teilnahme erfolgte freiwillig und nach ausführlicher Aufklärung über Studie sowie der Möglichkeit jederzeit die Teilnahme ohne Angabe von Gründen zu beenden. Die Einwilligung in die Studienbedingungen wurde schriftlich festgehalten. Für jeden Probanden gab es drei Treffen welche alle im Interdisziplinären Zentrum für Riechen und Schmecken der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde Dresden stattfanden. Die Treffen hatten je einen zweiwöchigen Abstand zueinander. Folglich betrug die Dauer der Studienteilnahme vier Wochen für einen Probanden. Bei jedem Treffen wurde zunächst der Geruchssinn getestet, im Anschluss füllte der Proband Fragebögen aus und absolvierte kognitive Tests. Der zweite Teil jedes Treffens bestand in EEG-Aufnahmen. Nach drei absolvierten Treffen erhielt jeder Proband eine moderate Aufwandsentschädigung.

## 3.2 Ablauf der Termine

In der Abbildung 2 ist der Ablauf des ersten Termins vereinfacht und zur besseren Übersicht skizziert. Zuerst wurde das Riechen getestet, dann erfolgte eine erneute Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien. Sofern der Proband diese erfüllte, schloss sich die Aufklärung über die Studie an. Bei Einverständnis unterschrieb der Teilnehmer, auch mit dem Wissen um die Freiwilligkeit der Teilnahme an dieser Studie und, dass ein Ausscheiden jederzeit möglich war. Alsdann folgte die gründliche Erläuterung des Schlaftagebuchs, inklusive Beantwortung eventuell gestellter Fragen seitens des Probanden. Weitere Erklärungen, der anschließend auszufüllenden Fragebögen, welche den zweiten Teil eines jeden Treffens darstellten, reihten sich an. Damit der Proband diese in Ruhe, und ohne unter Beobachtung zu stehen, bearbeiten konnte, verließ die Versuchsleiterin den Raum, wissend wie viel Zeit für die Fragebögen durchschnittlich benötigt wurde. Nach Rückkehr der Versuchsleiterin kontrollierte diese alle Fragebögen bezüglich ihrer Vollständigkeit. Anschließend wurden die kognitiven Tests jeweils erläutert und durchgeführt. Der dritte Teil des Treffens begann mit

dem Anbringen der EEG-Elektroden mit vorheriger Aufklärung über das weitere Vorgehen. Nach Überprüfung des EEG-Signals schloss sich eine Erklärung des Corsi-Spiels, welches der Proband als nächstes spielte, an. Danach folgten EEG-Aufnahmen mit je einem Clip aus jeder Duftgruppe à fünf Minuten. Dabei war die Reihenfolge stets gleich: Placebo, Orange, Sleepimp, Laurinal. Am Ende des ersten Treffens wurde dem Probanden der ihm zugeordnete Clip ausgehändigt.

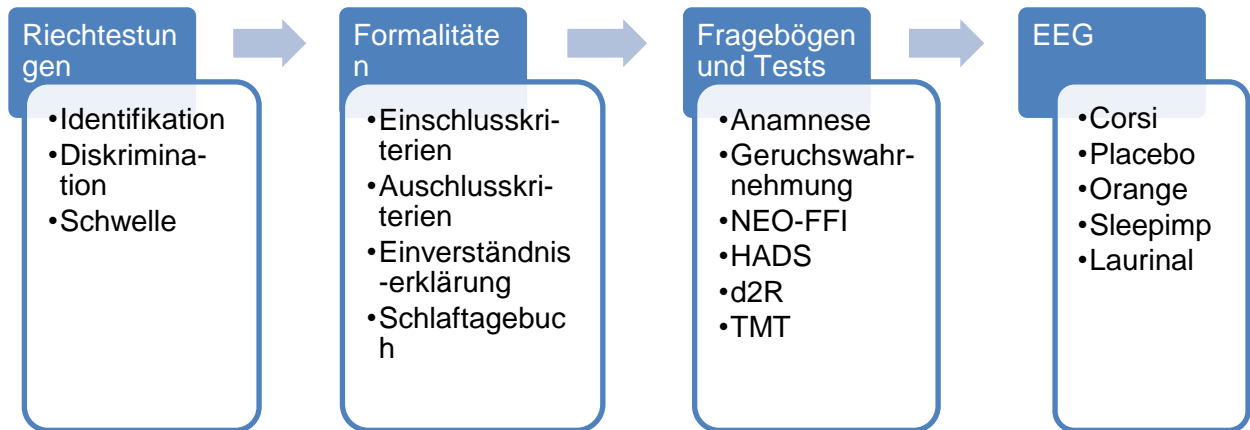


Abbildung 2: Ablauf erster Termin.

*Zu den Tests gehörten der Persönlichkeitstest NEO-FFI, der Angst- und Depressivitätsfragebogen HADS (Hospital Anxiety and Depression Score), der d2R Test - ein Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest - und der Trailmaking Test B (TMT) – ein Test der visuellen Aufmerksamkeit.*

Abbildung 3 zeigt den Ablauf des zweiten und dritten Termins, welche identisch waren. Zuerst wurde wieder das Riechen getestet, nun mit zwei der drei Sniffin` Sticks Tests. Anschließend erfolgte die Ausgabe neuer Schlaftagebücher, dies nur bei der zweiten Sitzung, und Einsammlung der alten. Außerdem wurde der Proband beim zweiten Treffen nach der Angenehmheit des Duftes und sonstigen Auffälligkeiten gefragt. Manche Probanden berichteten auch unaufgefordert von ihren Erfahrungen mit dem Clip. Danach füllte der Proband die ihm bekannten Fragebögen aus, nun lediglich zwei, und absolvierte die kognitiven Tests, dieselben wie auch beim ersten Termin. Ebenso verhielt es sich mit dem EEG-Abschnitt, welcher folglich in allen drei Sitzungen dieser Studie gleich ablief.

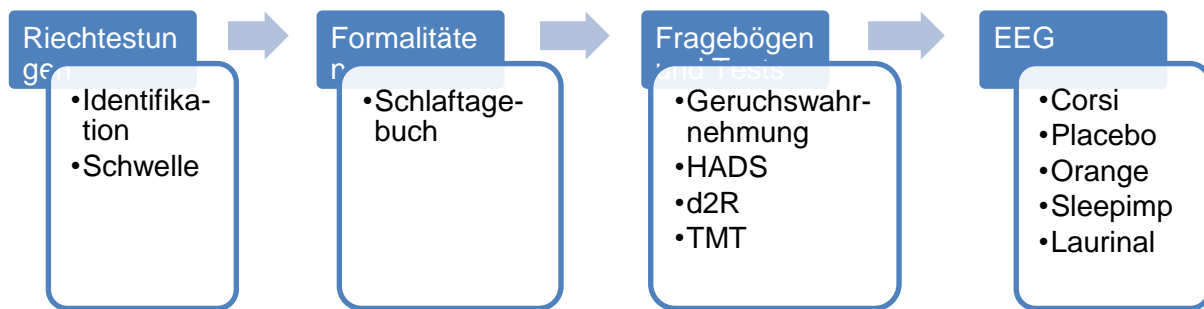


Abbildung 3: Ablauf zweiter und dritter Termin.

Die Probanden 074-139 erhielten zusätzlich zum Schlaftagebuch einen sogenannten Fitness-Tracker. Es handelte sich um das Modell „Charge 2“ (Fa. Fitbit, San Francisco, CA, USA). Dieses sollten die Probanden während des Nachtschlafes für den gesamten Studienzeitraum von vier Wochen tragen. „Charge 2“ errechnet über die gemessene Herzfrequenz und den festgestellten Bewegungen des Tragenden während des Nachtschlafes die Zeiten der unterschiedlichen Schlafphasen in Minuten. Die Studienteilnehmer wurden außerdem dazu angehalten die Fitbit-App, welche benötigt wurde, jeden Morgen mit dem ausgehändigten Fitness-Tracker zu synchronisieren. Die Zwischenzeit konnte für das Ausfüllen des Schlaftagebuches genutzt werden.

### 3.3 Probandenkollektiv

Es nahmen ausschließlich gesunde Probanden an der Studie teil. Anhand der Ein- und Ausschlusskriterien, welche in Tabelle 2 dargestellt sind, wurde eine erste Vorauswahl getroffen. Sofern die Einschlusskriterien erfüllt waren und kein Ausschlusskriterium zutraf, wurden drei Sitzungen nach Studiendesign vereinbart. Bei der ersten Sitzung konnte auch das letzte Einschlusskriterium überprüft werden: Das Vorhandensein eines normalen Geruchssinnes. Dafür absolvierte jeder Proband den Identifikationstest, einen Untertest der Sniffin` Sticks. Basierend auf den von diversen Studien ermittelten Normwerten für Gesunde definierten wir einen normalen Geruchssinn mit mindestens 12 von maximal 16 zu erreichenden Punkten, da in der zu erwartenden Altersgruppe der Probanden (zwischen 20 und 35 Jahre alt) eine Normosmie mit 11 beziehungsweise 12 von 16 Punkten ermittelt wurde (Kobal et al., 2000; Hummel et al., 2007; Rumeau et al., 2016; Oleszkiewicz et al., 2019). Die Punktwerte entsprechen der 10. Perzentile des jeweiligen Probandenkollektivs.

### 3.4 Pilotstudie

Da in dieser Studie lediglich wohlriechende Düfte verwendet werden sollten, wurde dies in einer Pilotstudie zuvor getestet. Die Auswahl fiel auf Orangenöl und Terpeneol. Der dritte Duft, welcher ein Duftgemisch war, entstammte aus den Laboren des Sponsors Takasago und erhielt den Namen „sleep improvement“ (Sleepimp – Schlafverbesserung). Die genaue Zusammensetzung des dritten Duftes blieb aufgrund von Takasagos Bestimmungen unbekannt. Weil der Fokus dieser Studie nicht auf dem Verständnis chemischer Strukturen und deren Wirkung auf den Nachtschlaf lag, stellte das Unwissen um die genaue Zusammensetzung von Sleepimp kein Problem dar. Das vorläufige Ziel war die Angenehmheit und die Intensität der ausgewählten Düfte an 10 gesunden Probanden zu testen. In randomisierter Reihenfolge wurden die drei Düfte den Probanden in einem geruchsarmen Raum präsentiert. Die Düfte befanden sich in bernsteinfarbenen Glasflaschen, welche mit eins, zwei beziehungsweise drei beschriftet waren. Anschließend sollten die Teilnehmer auf einer Visuellen Analogskala (VAS) mit einem Kreuz oder Strich markieren, wie angenehm und wie intensiv sie den Duft wahrnahmen. Der äußerste linke Punkt auf der 10 cm langen, waagerechten Linie stellte sehr unangenehm, beziehungsweise nicht wahrnehmbar dar, numerisch ausgedrückt 0. Der äußerste rechte Punkt auf der Linie stellte sehr angenehm, beziehungsweise sehr intensiv dar, numerisch ausgedrückt 10. Es gab für jeden Duft jeweils eine VAS für die Angenehmheit und eine für die Intensität. Nach einer ersten Reihe an Vortestungen Anfang Oktober 2019 an 10 gesunden Probanden kristallisierten sich zwei Aspekte heraus. Zum einen bestand die Notwendigkeit die Düfte Orange und Sleepimp zu verdünnen, zu sehen an den hohen Intensitätswerten in Abbildung 4. Zum anderen wurde Terpeneol nicht als angenehm empfunden, ebenso in Abbildung 4 dargestellt. Der Duft erinnerte die Probanden an „öffentliche Toilette“ und „Reinigungsmittel“. Daraufhin kam es zum Austausch von Terpeneol gegen Laurinal, welches ebenso vom Sponsor Takasago bereitgestellt wurde.

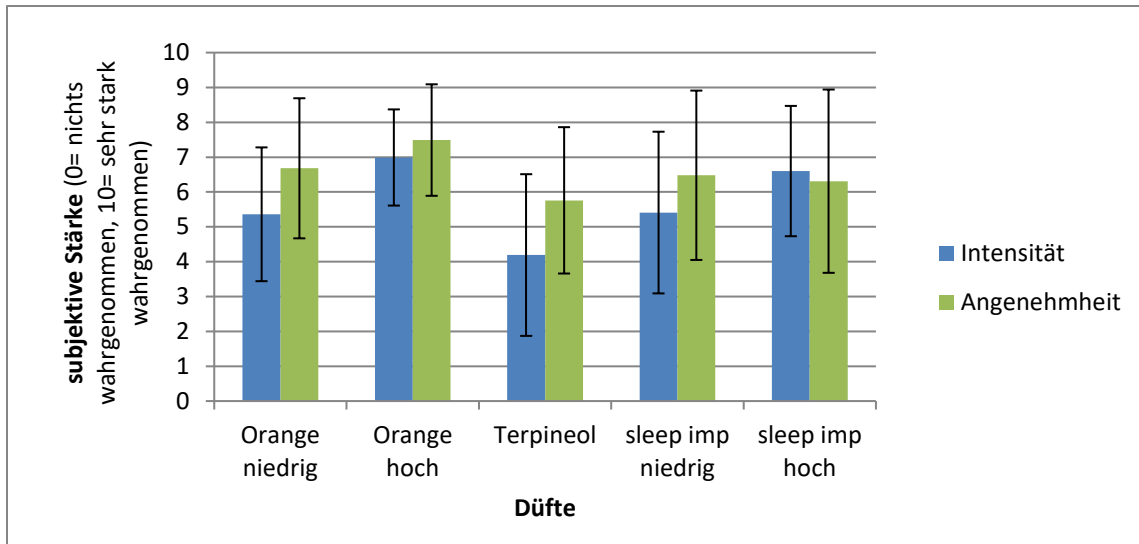


Abbildung 4: Bewertung der Intensität und Angenehmheit von Orange und Sleepimp in verschiedenen Konzentrationen sowie Terpineol.

Dargestellt sind jeweils die Mittelwerte der Intensität und Angenehmheit sowie die dazugehörige Standardabweichung (SD).

Ende Oktober 2019 konnten die Vortestungen bezüglich der Düfte abgeschlossen werden. Orange und Sleepimp wurden weiter mit Dipropylenglykol (DPG) auf ein Verhältnis 1:60 verdünnt. Weil Laurinal nicht als zu stark wahrgenommen wurde, erfolgte bei diesem Duft keine Verdünnung, zu erkennen in Abbildung 4. Da Orange weiterhin intensiver als Sleepimp bewertet wurde, wie der Abbildung 5 zu entnehmen ist, verdünnten wir es noch einmal auf ein Verhältnis von 1:70. Ziel war es drei miteinander vergleichbare Düfte in die Studie einzuschließen. Durch eine Annäherung der Werte der Angenehmheit sowie der Intensität strebten wir dies an.

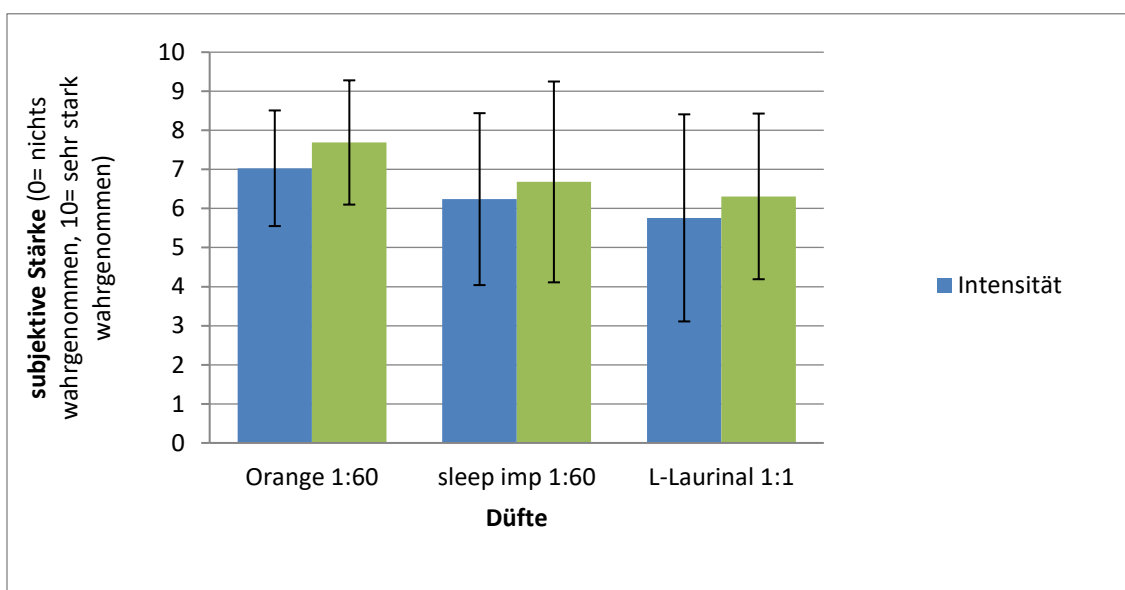


Abbildung 5: Bewertung der Intensität und Angenehmheit von Orange und Sleepimp jeweils im Verhältnis 1:60 sowie Laurinal im Verhältnis 1:1.

Dargestellt sind jeweils die Mittelwerte der Intensität und Angenehmheit sowie die dazugehörige Standardabweichung (SD).

### 3.5 Riechtestungen

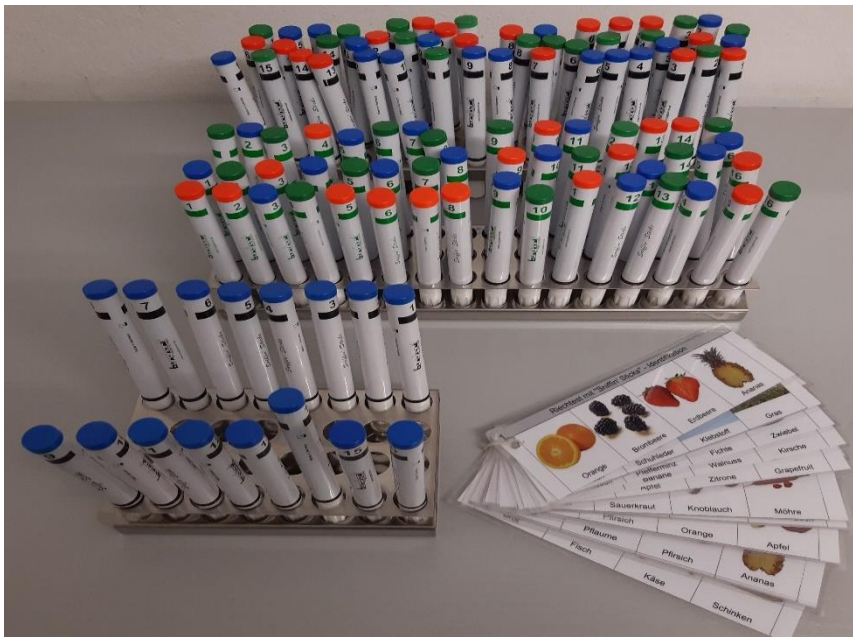


Abbildung 6: Sniffin` Sticks: Vorn der Identifikationstest mit Auswahlmöglichkeiten, in der Mitte der Diskriminationstest, hinten der Schwellentest.

Bei jedem Probanden wurde beim ersten Treffen das Riechen mittels Sniffin` Sticks (Burghart Messtechnik GmbH, Wedel, Deutschland) getestet und der SDI-Wert (Summe aus Schwellen-, Diskriminations-, und Identifikationswert) ermittelt. Diese Testbatterie, welche aus Duftstiften besteht, ist seit Jahrzehnten ein probates Mittel für die Objektivierung der olfaktorischen Wahrnehmung. Die Kriterien für die verwendeten Düfte sind ähnlich in den drei existierenden Untertests: Sie sollen bekannt sein, in Intensität und Hedonik einander ähneln, und das korrekte Benennen soll bei Gesunden mehr als 75% betragen (Hummel et al., 1997).

Während der Testungen trug die Versuchsleiterin stets Handschuhe, um den eigenen Körperduft zu kaschieren und um gleiche Bedingungen für alle Probanden herzustellen. Auch wurde darauf geachtet einen geruchsneutralen Raum zu finden. Im Folgenden werden die einzelnen Tests Identifikation, Diskrimination sowie Schwelle näher erläutert. In der Abbildung 6 sind alle drei Riechtests ersichtlich.

### 3.5.1 Der Identifikationstest



Abbildung 7: Probandin und Versuchsleiterin während des Identifikationstestes.

Da das Ergebnis des Identifikationstestes zu den Einschlusskriterien dieser Studie gehörte, wurde dieser stets zuerst durchgeführt. Alle Testungen, welche in der Zeit der COVID-19-Pandemie stattfanden, wurden unter den vorgegebenen Hygienevorschriften durchgeführt, so auch auf den Fotos der Abbildung 7 zu sehen. Dem nicht-verblindeten Probanden wurden nacheinander die 16 Duftstifte des Identifikationstests für wenige Sekunden präsentiert. Gleichzeitig schaute dieser auf die vier Auswahlmöglichkeiten des jeweiligen Stiffes. Bei Probanden, die nicht der deutschen Sprache mächtig waren, wurden die Auswahlmöglichkeiten in der englischen Ausgabe gezeigt. Jeder Proband musste stets eine Entscheidung treffen welcher Alltagsduft ihm dargeboten wurde, handelte es sich um einen forced-choice Test. Dabei war es erlaubt mehrfach an einem Duftstift zu riechen. In Tabelle 3 sind die Antwortmöglichkeiten aufgelistet, die richtige Antwort ist jeweils fett gedruckt. Insgesamt 10 Personen erzielten jedoch weniger als 12 Punkte und konnten somit nicht an der Studie teilnehmen. Die vier Frauen und sechs Männer hatten einen Durchschnitt von 10,8 Punkten. Bei 12 oder mehr Punkten konnte der Interessent an der Studie teilnehmen. Die Nummerierung der Probanden und somit die gleichzeitige Anonymisierung waren



fortlaufend. Ebenso fortlaufend war die Einsortierung in die vier verschiedenen Duftgruppen: Orangegruppe, Sleepimpgruppe, Laurinalgruppe und Placebogruppe. Proband 001 war folglich in der Orangegruppe, Proband 002 in der Sleepimpgruppe, Proband 003 in der Laurinalgruppe, Proband 004 in der Placebogruppe und Proband 005 in der Orangegruppe. Diese Sortierung wurde analog bis Proband 126 fortgeführt. Die Probanden 127-139 waren alle in der Placebogruppe. Der Identifikationstest wurde bei jedem Treffen als erstes durchgeführt, folglich gibt es drei Identifikationswerte von jedem Probanden. Am Ende des Testes wurde der erzielte Punktwert mitgeteilt, jedoch nicht die Fehlerquellen.

### 3.5.2 Der Diskriminationstest

Lediglich beim ersten Treffen wurde nach dem Identifikationstest der Diskriminationstest durchgeführt, so konnte für jeden Probanden ein SDI-Ausgangswert ermittelt werden. Die Aufgabe des nun verblindeten Probanden bestand in der Unterscheidung von Gerüchen. Insgesamt 16 Reihen mit jeweils drei Duftstiften, Triplets, wurden dem Probanden randomisiert dargeboten, wobei zwei den gleichen Duft enthielten. Die Duftstifte wurden für wenige Sekunden, kurz nacheinander, dem Probanden präsentiert. Anschließend musste dieser den Duftstift benennen, welcher anders roch, denn auch der Diskriminationstest gehört zu den „forced-choice“ Tests. Die Intensität der Düfte eines Triplets lag auf einem Niveau, welches die Gefahr der Gleichsetzung von Duftstärke und Qualität minimieren soll (Hummel et al., 1997). Am Ende wurden die richtigen Antworten summiert und so der Diskriminationswert gebildet. In Tabelle 4 ist die Dokumentation der Antworten beispielhaft skizziert. Die verschiedenen Duftstifte waren farblich markiert, in jedem Triplet fanden sich die Farben rot, grün und blau. Der zu erkennende Duft befand sich stets in dem Duftstift mit der grünen Markierung.

### 3.5.3 Der Schwellentest



Abbildung 8: Präsentation eines Sniffin` Sticks zur Ermittlung der Riechschwelle.

Als letzter Riechtest wurde bei jedem Treffen der Schwellentest durchgeführt. Dieser Test bestand aus 16 Triplets, wobei ein Duftstift Phenylethylalkohol (PEA - Rosenduft) enthielt und die anderen zwei ein geruchsneutrales Lösungsmittel aufwiesen. Es handelte sich um eine 16-stufige Verdünnungsreihe in welcher der PEA Duftstift des Triplets 1 die höchste Konzentration, 4 % PEA, birgt. Mit steigender Triplettnummer nahm die Duftkonzentration in einem Verhältnis von 1:2 stets ab. Sodass der PEA Duftstift des Triplets 16 die niedrigste PEA Konzentration in diesem Test darstellte. Wie auch beim Diskriminationstest wurden dem Probanden die Augen verbunden, um die visuelle Identifizierung der verschieden farblich markierten Duftstifte zu verhindern (Hummel et al., 1997). Zur Erleichterung in den Einstieg des bevorstehenden Tests erfolgte die Darbietung der höchsten Konzentration, versehen mit den Stichwörtern „Rosenduft“ und „blumig“. Randomisiert für drei Sekunden und kurz nacheinander präsentierte die Versuchsleiterin nun die Triplets. In der Abbildung 8 wurde der Probandin ein Sniffin`Stick der Konzentrationsreihe 9 dargeboten. Es handelt sich um die Sniffin`Stick, welcher PEA enthält, zu erkennen an der roten Markierung am Ende des Stiftes. Der Proband musste sich stets für den Stift entscheiden, welcher den Rosenduft enthielt. Auch im Falle, dass subjektiv kein beziehungsweise mehr als ein Stift duftete, musste der Proband eine Entscheidung treffen, handelte es sich erneut um einen forced-choice Test. Zwischen der Präsentation der einzelnen Triplets wurde ein geruchsfreies Intervall von mindestens 30 s beachtet, um eine Desensibilisierung zu verhindern (Hummel et al., 1996). Sofern die Antwort korrekt war, wurde dasselbe Triplet in veränderter Reihenfolge wiederholt dargeboten. Wurde der Duft erneut richtig erkannt konnte eine niedrigere Konzentrationsstufe präsentiert werden. Sobald die gegebene Antwort falsch war, erfolgte die Darbietung einer höheren Konzentration. Die höchste Konzentration, welche der Proband zweimal hintereinander korrekt identifizieren konnte, stellte den ersten Wendepunkt dar. Insgesamt absolvierte jeder Teilnehmer pro Schwellentest jeweils 7 Wendepunkte. Exemplarisch veranschaulicht in Tabelle 5. Um den Schwellenwert zu erhalten, wurde der Durchschnitt der letzten vier Wendepunkte gebildet. Anschließend wurden die erhobenen Werte der Identifikation, der Diskrimination und der Schwelle addiert, beispielsweise:  $14+14+7,75= 35,75$ . Die entstandene Summe bezeichnete den Schwellen-Diskriminations-Identifikationswert. Hier betrug der SDI 35,75.

## 3.6 Schlafdokumentation

### 3.6.1 Schlaftagebuch

Zu Beginn der ersten und zweiten Sitzung erhielt der Proband jeweils ein sogenanntes Schlaftagebuch ausreichend für die Dokumentation von 14 Nächten, siehe Anhang. Es

wurde empfohlen dieses unmittelbar nach dem Aufstehen auszufüllen, um dem Vergessen der eventuellen nächtlichen Ereignisse entgegenzuwirken. Die zu beantwortenden Fragen waren identisch für jede Nacht und konnten so schnell und problemlos zur morgendlichen Routine hinzugefügt werden. Insgesamt bestand das Schlaftagebuch aus 11 Fragen. Bei neun Fragen gab es jeweils fünf Antwortmöglichkeiten. Die ersten zwei Fragen beschäftigten sich mit der Einschlaf- beziehungsweise der Aufwachuhrzeit und verfügten demzufolge nicht über unterschiedliche Antwortmöglichkeiten. Die weiteren Fragen bezogen sich auf Aufwachen und Aufstehen in der Nacht, subjektive Schlafqualität sowie Träume. Die letzten zwei Fragen bezogen sich auf den vorangegangenen Tag und fragten nach Schlaf während des Tages und der körperlichen Aktivität. Zur Auswertung der Schlaftagebücher wurden die Antwortmöglichkeiten quantifiziert. Die Punktwerte lauteten minus zwei, minus eins, null, eins und zwei, sodass zwischen -18 und +18 Punkte pro Nacht erreicht werden konnten. Für jede Nacht wurde die Summe gebildet, anschließend wurde der Durchschnittswert aller Nächte ermittelt.

### **3.6.2 Schlafphasen**

Die Probanden 074-139 erhielten zusätzlich zu der schriftlichen Dokumentation des Nachtschlafes, in Form des Schlaftagebuchs, einen Fitness-Tracker (Fa. Fitbit, San Francisco, CA, USA). Das Modell „Charge 2“ ist in der Lage die verschiedenen Phasen während des Schlafs zu messen. Diese werden anhand des Herzfrequenzmusters und der Bewegungsaktivität während des Schlafens ermittelt. Die Pulsmessung wird durch zwei LEDs an der Geräteunterseite realisiert und ein Beschleunigungssensor misst die Bewegungsaktivität. „Charge 2“ kann zwischen leichtem Schlaf, REM-Schlaf, Tiefschlaf und Wachheit differenzieren. So geht „Charge 2“ beispielsweise vom REM-Schlaf aus, wenn die Herzfrequenz hoch ist, die Bewegungen jedoch gering, denn in dieser Schlafphase kommt es zur Muskelatonie, um uns vor Verletzungen, durch das Ausleben unserer Träume, zu schützen.

In der Handhabung gestaltete es sich einfach: Der Proband trug den Fitness-Tracker während des gesamten Nachtschlafes und synchronisierte jeden Morgen die Fitbit-App mit dem Fitness-Tracker. Dieser sollte am nicht-dominanten Unterarm eng getragen werden. Am Ende der Duftexposition, folglich nach zwei Wochen, wurde der Proband gebeten, die Daten via Datenexport an die Versuchsleiterin zu schicken. Es gibt bei „Charge 2“ die Möglichkeit lediglich die Schlaf- und nicht den Gesamtdatensatz zu schicken. Folgende Daten werden dabei exportiert: Startzeit (Uhrzeit), Endzeit (Uhrzeit), Minuten geschlafen, Minuten wach, Wie häufig aufgewacht, Zeit im Bett (in Minuten), Minuten REM-Schlaf, Minuten leichter Schlaf, Minuten Tiefschlaf. Der Datenexport erfolgte ebenso bei Abschluss der Studie. Aus den letzten zwei Wochen konnten die Schlafdaten ohne Duftexposition generiert werden. Mit

Beendigung der Studie erfolgte die Rückgabe des Fitness-Trackers (Charge 2, Fa. Fitbit, San Francisco, CA, USA).

## 3.7 Fragebögen und Tests

Das Ausfüllen diverser Fragebögen und Tests war ein Bestandteil eines jeden Treffens und erfolgte jeweils nach den Riechtestungen. Während des ersten Treffens waren es sechs, beim zweiten und dritten Treffen je vier Fragebögen und Tests, die bearbeitet wurden. Alle Probanden, welche nicht der deutschen Sprache im ausreichenden Maße mächtig waren, aber flüssig Englisch sprachen, erhielten die Fragebögen in englischer Ausführung.

### 3.7.1 Anamnese

Im Anamnesefragebogen wurden zunächst allgemeine Daten abgefragt. Es folgten Fragen zur Sozial-, Sucht-, Medikamenten- und Operationsanamnese. Letzteres bezog sich auf HNO-relevante Eingriffe. Außerdem wurde nach chronischen Erkrankungen, welche mit Beeinträchtigung des Riechens assoziiert waren, gefragt. Dies war zum einen auf den Probanden selbst und zum anderen auf dessen Kernfamilie bezogen.

### 3.7.2 Bedeutung der Geruchswahrnehmung

Bei jeder Sitzung füllte der Teilnehmer den Fragebogen „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“ aus. Dieser aus 20 Aussagen bestehende Fragebogen diente der Charakterisierung der subjektiven Wichtigkeit des Geruchssinnes, und ist im Anhang zu finden (Croy et al., 2010). Bei jeder Aussage gab es die Auswahlmöglichkeiten „trifft vollkommen zu“ (drei Punkte), „trifft überwiegend zu“ (zwei Punkte), „trifft eher nicht zu“ (einen Punkt) und „trifft überhaupt nicht zu“ (null Punkte). Nach dem Lesen einer jeden Aussage selektierte der Teilnehmer die jeweils auf ihn zutreffende Antwort. Der Fragebogen ließ sich weiter in die drei Unterkategorien B (Bewertung/ Assoziation), A (Anwendung) und K (Konsequenz) unterteilen. Jede Unterkategorie bestand aus sechs Aussagen. B repräsentierte die unbewusst ablaufende Verknüpfung von Gerüchen mit Bewertungen, Erinnerungen und Gefühlen („Der Geruch einer Person entscheidet darüber, ob er/sie mir sympathisch ist.“). A zeigte die Intensität der Alltagsanwendung des Geruchssinnes an („Beim Kauf von Tomaten achte ich auf deren Geruch.“). K spiegelte die Beeinflussung des Riechens auf das Agieren wider („Wenn der Geruch eines Shampoos mir nicht gefällt, kaufe ich es nicht.“). Die Summe jeder Unterkategorie und anschließend die Gesamtsumme der Unterkategorien wurde gebildet. Letzteres stellte den Gesamtwert dar. Außerdem fanden sich zwei weitere Aussagen, die der Unterkategorie L (Lüge) angehörten. Diese standen

außerhalb der Ermittlung des Gesamtwerts und gaben die Aggravationstendenz der Probanden wieder („Es ist mir wichtiger, riechen zu können als sehen oder hören zu können.“).

### **3.7.3 NEO-FFI**

Mit dem NEO Fünf-Faktoren-Inventar nach Costa und McCrae wurde ein multidimensionaler Persönlichkeitsfragebogen in die Studie integriert. NEO ist hierbei ein Akronym für drei von den fünf Dimensionen: N-Neurotizismus, E-Extraversion, O-Offenheit für Erfahrungen. Außerdem gehören V-Verträglichkeit und G-Gewissenhaftigkeit dazu. Der Fragebogen basiert auf dem Fünf-Faktoren-Modell, ein Modell aus der Persönlichkeitspsychologie. Gemäß diesem Modell existieren fünf Hauptdimensionen der Persönlichkeit, in die sich jeder Mensch einordnen lässt. Im Folgenden werden diese Hauptdimensionen näher erläutert.

Neurotizismus beschreibt die emotionale Labilität einer Person. Personen mit hohen Neurotizismuswerten geben an, mehr Angst, Nervosität, Unsicherheit, Verlegenheit zu erleben, als solche mit niedrigen Werten in dieser Dimension (Borkenau und Ostendorf, 2008).

Extraversion lässt an das zugehörige Adjektiv „extrovertiert“ denken, welches sehr geläufig im alltäglichen Sprachgebrauch ist. Es steht für gesellig, kontaktfreudig und aufgeschlossen. Menschen mit hohen Punkten in dieser Kategorie fühlen sich in Gruppen und Versammlungen wohl, mögen Aufregungen und beschreiben sich unter anderem als optimistisch und energisch (Borkenau und Ostendorf, 2008).

Offenheit für Erfahrungen quantifiziert das Interesse und das Ausmaß der Beschäftigung mit neuen Erfahrungen, Erlebnissen und Eindrücken. Menschen, die hohe Werte in diesem Merkmalsbereich aufweisen, gelten als experimentierfreudig, fantasievoll und wissbegierig. Sie haben vielfältige kulturelle Interessen und weisen die Fähigkeit auf, unabhängig zu urteilen (Borkenau und Ostendorf, 2008).

Verträglichkeit repräsentiert zwischenmenschliche Kooperativität und Nachgiebigkeit sowie Vertrauen. Weiterhin können Menschen mit hohen Werten in dieser Kategorie als mitfühlend, verständnisvoll und altruistisch beschrieben werden (Borkenau und Ostendorf, 2008).

Gewissenhaftigkeit zeigt sich in Planung, Organisation und Durchführung von Aufgaben. Menschen mit einer starken Ausprägung dieser Dimension charakterisieren sich mit Adjektiven wie zielstrebig, ehrgeizig, fleißig und ausdauernd (Borkenau und Ostendorf, 2008).

Der gesamte Fragebogen umfasst 60 Aussagen, je 12 für jede Dimension beziehungsweise Merkmalsbereich. Bei jeder Aussage musste sich der Proband zwischen fünf Auswahlmöglichkeiten entscheiden (Starke Ablehnung, Ablehnung, Neutral, Zustimmung, Starke Zustimmung), wobei die Möglichkeit angekreuzt werden sollte, welche am ehesten auf die eigene Person zutrefte. Dies sollte intuitiv und ohne langes Nachdenken erfolgen. Außerdem wurden die Probanden gebeten konzentriert den Fragebogen zu bearbeiten, sodass keine Aussage ausgelassen wurde. In jeder der fünf Kategorien des Testes konnten Punktwerte zwischen 0 und 48 erreicht werden. Die Auswertung erfolgte manuell mit einer Schablone. Am Ende wurden alle Werte eines Probanden zu einem Gesamtwert NEO-FFI Wert addiert.

### **3.7.4 HADS**

Der „Hospital Anxiety and Depression Scale“ Fragebogen dient zur Einschätzung von Depressivität sowie Angstsymptomen und wurde bei jeder Sitzung ermittelt. Insgesamt 14 Fragen mit vierstufigen Antwortmöglichkeiten erfragen abwechselnd zu Symptomen von Depression und Angst, hierbei gibt es null bis maximal drei Punkte pro Antwort. Durch die geringe Anzahl an Fragen sowie das Auslassen schwerwiegender psychiatrischer Symptome ist HADS einfach anwendbar und akzeptiert (Herrmann, 1997). HADS-D bezeichnet die deutsche und HADS-E die englische Version. Der Proband war jeweils aufgefordert die Fragen ehrlich und in Bezug auf die Emotionen und Erlebnisse der letzten Woche zu beantworten. Anschließend zählte der Untersucher jeweils die Punktwerte der Depressions- und der Angstfragen zusammen. Null bis sieben Punkte gelten als normal, acht bis zehn als kritisch und mehr als 11 Punkte indizieren einen symptomatischen Patienten bezüglich Angststörung respektive Depression. Unter dem Aspekt der Selbsteinschätzung für ambulante Patienten entwickelt zeigt sich dieser Fragebogen als probates Mittel zur Erkennung und Behandlung emotionaler Störungen von Patienten beispielsweise in internistischen oder chirurgischen Abteilungen von Krankenhäusern (Zigmond et al., 1983). Aber nicht nur in Krankenhäusern, wie der Name vermuten lässt, sondern auch in zahlreichen Studien sowie in der medizinischen Grundversorgung findet der HADS erfolgreich Einsatz (Snaith, 2003). Dabei ist er sowohl auf psychiatrische, als auch auf andere Patienten, beziehungsweise gleichermaßen auf die Allgemeinbevölkerung anwendbar (Bjelland et al., 2002).

### **3.7.5 d2R – Test**

Bei dem d2R-Test handelt es sich um einen Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest, der zwischen neun und 60 Jahren ein valides Testverfahren darstellt (Mayer et al., 2015). Ursprünglich 1962 von Psychologieprofessor Rolf Brickenkamp zur Eignungsauslese von

Krafftfahrern entwickelt, wird er heutzutage unter anderem bei Aufnahmetests von Universitäten, Jobinterviews, aber auch Studien, meist der Fachrichtung Psychologie angehörend, angewandt (Brickenkamp et al., 2010). Im klinischen Setting findet der d2-R Test oft Gebrauch bei Patienten mit Diagnosen wie ADHS, Morbus Alzheimer sowie Schizophrenie (Yato et al., 2019). Das „R“ steht für revidiert und so besteht diese Version aus 14 Zeilen mit je 57 (früher 47) Buchstaben, genauer gesagt „d“ und „p“ (Daseking und Putz, 2015). Diese sind mit mindestens einem bis maximal vier Strichen versehen. Die Aufgabe besteht darin „d“ mit zwei Strichen durchzustreichen. Es darf demzufolge kein „d“ mit einem, drei oder vier Strichen sowie kein „p“, egal mit wie vielen Strichen markiert, durchgestrichen werden. Die Bearbeitungszeit beträgt 20 Sekunden pro Zeile. Die Versuchsleiterin signalisierte mit „Los“ den Beginn der Bearbeitungszeit und mit „Stopp“ das Ende der 20 Sekunden. Die Zeit wurde mit einer Stoppuhr gemessen. Nach einer mündlichen Erklärung der bevorstehenden Aufgabe und vor Beginn des eigentlichen Tests bearbeitete jeder Proband zwei Übungszeilen, um sich dem Ganzen vertraut zu machen. Dieser Schritt entfiel bei der zweiten und dritten Sitzung und es konnte sofort mit der sukzedanen Bearbeitung der 14 Zeilen begonnen werden. Folgende Kennwerte wurden für jeden absolvierten d2R-Test ermittelt, dargestellt in Tabelle 6.

### **3.7.6 TMT**

Der Trail Making Test (TMT) signalisierte bei allen Terminen das Ende des Fragebogen- und Testteils, war es der jeweils letzte zu absolvierende Test. Er überprüfte kognitive Funktionen wie visuelle Aufmerksamkeit, Verarbeitungsgeschwindigkeit und mentale Flexibilität (Tombaugh, 2004). In dieser Studie wurde die B Variante benutzt, im Gegensatz zur Variante A beinhaltet diese nicht nur Buchstaben sondern auch Zahlen. TMT B wird als schwerer angesehen, unter anderem da diese Version sensitiver auf Defizite in der kognitiven Flexibilität zu reagieren scheint (Kortte et al., 2002). Die Buchstaben und Zahlen sollen mit einer fortlaufenden Linie miteinander verbunden werden, wobei der Stift nicht vom Blatt abgehoben werden darf. Die vorgegebene Reihenfolge lautet 1 A 2 B, welche der Proband fortsetzen soll. Die Buchstaben und Zahlen sind so auf dem Blatt angeordnet, dass die entstehende Linie sich nicht überschneidet (Bowie und Harvey, 2006). Bei Fehlern wurde der Teilnehmer von der Versuchsleiterin darauf aufmerksam gemacht und setzte die Linie fort. Die Zeit, die benötigt wurde, um alle Buchstaben und Zahlen miteinander zu verbinden, wurde mit einer Stoppuhr gemessen.

## 3.8 EEG

### 3.8.1 EEG-Aufzeichnung

Die EEG-Aufnahmen fanden in einem designierten Raum des „interdisziplinären Zentrums für Riechen und Schmecken“ statt. Währenddessen saß der Proband mit stets geöffneten Augen in möglichst bequemer Körperhaltung, da pro Termin insgesamt circa 30 Minuten für die Aufnahmen benötigt wurden. Bei den Aufnahmen handelte es sich um spontane EEGs. Das EEG wurde mit 64 Kanälen, angebracht entsprechend des 10/20 Systems, abgeleitet. Das 10/20 System beschreibt die Anordnung der Elektroden. Dabei wird die Strecke vom Übergang des Os nasale zum Os frontale (Nasion) bis zum höchsten Punkt der Protuberantia occipitalis externa (Inion) gemessen, in 10 beziehungsweise 20 Prozent-Schritten aufgeteilt und dementsprechend die Elektroden



Abbildung 9: Proband kurz vor Beginn der EEG-Aufnahmen. Er trägt eine *medium/large* EEG-Haube mit 64 Elektroden, außerdem acht externe Elektroden.

angeordnet (Jasper, 1958). Mittels einer EEG-Kopfhaube (BioSemi, Amsterdam, Niederlande) wurden die Silber-Silberchlorid-Elektroden (BioSemi, Amsterdam, Niederlande) auf dem Schädel des Probanden platziert. Beim ersten Termin erfolgte die Messung des Kopfumfanges, um die richtige Kopfhaubengröße zu ermitteln. Die Größen *medium* (52-56cm), *medium/large* (56-60cm) und *large* (60-64cm) standen zur Auswahl. Zusätzlich wurden acht externe Elektroden angebracht. In beiden Gesichtshälften lateral supra- und infraorbital, um Bewegungen der Augen zu registrieren (Elektrookulographie-EOG), sowie je eine Elektrode auf jedem Ohrläppchen und Mastoid. Letztere stellten die Referenzelektroden dar, welche an Stellen mit möglichst geringer Aktivität angebracht werden (Pinto et al., 2014). Beim Platzieren der Elektroden benutzten wir Elektrodengel (Signa gel, Parker laboratories, Inc., Fairfield, NJ, USA) um die Leitfähigkeit zu maximieren und die Elektrodenimpedanz zu reduzieren (Iannilli et al., 2017). Alle Impedanzwerte wurden unter 5 k $\Omega$  gehalten. Die externen Elektroden wurden außerdem mit Kleberingen (20 x 8 mm, Artikel-Nummer: 843989, Diagramm Halbach GmbH und Co. KG, Schwerte, Deutschland) an der Haut befestigt. Jeder Kanal wurde verstärkt (BioSemi ActiveTwo AD-Box, Amsterdam, Niederlande) und an einen Computer angeschlossenen USB2-Empfänger (BioSemi, Amsterdam, Niederlande) gesendet. Die Frequenz betrug 512 Hz. Die Registrierung und Speicherung der Daten erfolgte mittels der Erfassungssoftware (BioSemi ActiveView 606, Amsterdam, Niederlande).



### 3.8.2 Corsi-Block-Tapping-Test

Nachdem alle Elektroden angebracht und auf ihre Funktion hin überprüft wurden, erklärte der Untersucher dem Probanden den nun anstehenden Test: Den Corsi-Block-Tapping-Test, im Verlauf lediglich als Corsi beziehungsweise Spiel bezeichnet. Dieser Test wurde von Philip Corsi 1972 entwickelt und dient der Beurteilung des räumlichen Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnisses (Baddeley, 2003; Farrell Pagulayan et al., 2006; Weicker et al., 2017). Mit dem räumlichen Kurzzeitgedächtnis können wir beispielsweise eine begrenzte Menge räumlicher Informationen, unter anderem Objektpositionen und Bewegungen, für eine kurze Zeit mental darstellen (Ridgeway, 2006).

In dieser Studie wurde Corsi auf einem Laptop gespielt, sodass das Berühren („tapping“) der Blöcke mit dem Mauszeiger stattfand. Außerdem können bei der computerisierten Variante die Abläufe automatisiert und somit strikter eingehalten werden (Claessen et al., 2015). Bei der zur Verfügung stehenden Version des „Psychology Experiment Building Language“ (PEBL) absolvierte jeder Teilnehmer zunächst eine kurze Übungseinheit des Spiels. Besonders beim ersten Termin war dies vorteilhaft zudem die erbrachte Leistung nicht in die Wertung mit einging. Wie bereits angedeutet, gab es auch bei der zweiten und dritten Sitzung jene Übung vor dem eigentlichen Spiel, was als Rekapitulation der bevorstehenden Aufgabe aufgefasst werden konnte, lagen doch jeweils zwei Wochen zwischen den Terminen. Während Corsi war es dem Untersucher auch möglich das EEG-Signal erneut zu überprüfen beziehungsweise die Signale spezifischer Elektroden zu verbessern. Das Ziel dabei war es, die spätere Auswertung und Analyse der erhobenen EEG-Daten zu ermöglichen respektive zu vereinfachen. Die eigentliche Aufgabe bei Corsi war einfach: Der Proband sollte sich die Reihenfolge merken, in der die blauen Quadrate gelb aufleuchteten. War das Aufleuchten beendet klickte der Teilnehmer, in der memorisierten Reihenfolge, die nun wieder blauen Quadrate an. Um die Abgeschlossenheit dieser Reihenfolge zu signalisieren, musste der Teilnehmer schließlich am unteren Bildschirmrand auf „Done“ (englisch für fertig) klicken. Anschließend zeigte das Programm an, ob die angeklickte Reihenfolge korrekt war oder nicht. Danach ging es sofort weiter mit der nächsten Sequenz. Bei korrektem Merken und Anklicken der Quadrate erhöhte sich die Anzahl der aufleuchtenden Quadrate, wobei es sich zunächst um zwei nacheinander aufleuchtende Quadrate handelte, die maximale Anzahl betrug neun. Durch Erhöhen der Länge der Sequenzen kann die Kapazität des visuellen Kurzzeitgedächtnisses gemessen werden (Kessels et al., 2000). Jede Sequenz wurde zweimal hintereinander durchlaufen. Dabei variierte stets die Reihenfolge der aufleuchtenden Quadrate. Merkte sich der Teilnehmer mindestens eine der zwei gezeigten Sequenzen gleicher Länge, konnte die nächste Sequenz absolviert werden. Sobald der Proband zwei Sequenzen gleicher Länge falsch

memorisierte, wurde das Spiel automatisch beendet und die erreichten Punktwerte in den folgenden Kennwerten angezeigt: Blockspanne (block span), Gesamtwert (total score), Gesamtzahl der richtigen Versuche (total correct trials) und Gedächtnisspanne (memory span). Die Blockspanne gibt die höchste Anzahl der Quadrate an, deren Reihenfolge sich der Proband korrekt merkte. Da es neun Quadrate bei Corsi gibt, beträgt die maximale Blockspanne neun. Der Gesamtwert ist das Produkt aus Blockspanne und Gesamtzahl der richtigen Versuche. Die Gesamtzahl der richtigen Versuche beziffert alle Reihenfolgen, welche der Proband korrekt wiedergab. Die Gedächtnisspanne berechnet sich wie folgt: Anzahl der Blöcke der ersten Sequenz (stets zwei) addiert mit der Gesamtzahl der richtigen Versuche dividiert durch die Anzahl der Sequenzen gleicher Länge (stets zwei).

### 3.8.3 EEG-Aufnahmen mit Nasenclip

Zuletzt fanden bei jeder Sitzung EEG-Aufnahmen mit jeweils einem Nasenclip aus jeder Duftgruppe statt. Dies geschah ausnahmslos bei allen Teilnehmern in stets identischer Abfolge. Als erstes ein Placeboduftclip (kein Duft), danach ein Nasenclip versehen mit Orangenduft, anschließend ein Nasenclip mit Sleepimp. und als letztes ein Nasenclip präpariert mit Laurinal. Mit jedem Nasenclip wurden fünf Minuten andauernde EEG-Aufnahmen angefertigt. Sah der Untersucher auf dem ActiView Programm (BioSemi, Amsterdam, Niederlande) Störsignale, beispielsweise ausgelöst durch Muskelkontraktionen, wurden diese verrauschten Sekunden notiert, addiert und den fünfminütigen EEG-Aufnahmen hinzugefügt. Das Bestreben lag darin von jedem Probanden von jeder Sitzung je vier fünfminütige EEG-Aufnahmen zu generieren, auch nach Bearbeitung der Rohdaten, welche unter anderem das Entfernen solcher verrauschten Signale beinhaltet.

Über die gesamte Dauer der EEG-Aufnahmen mit den Nasenclips hörten die Probanden sogenannte *white noise* über Kopfhörer, zur akustischen Abschirmung (Iannilli et al., 2017). Die Wiedergabe der Geräusche erfolgte über einen MP3-Player. Außerdem fand eine computerisierte VAS Anwendung in dieser Studie. Sie lenkte die Konzentration und Aufmerksamkeit aller Teilnehmenden auf ein blaues Quadrat auf einem 40 cm entfernten Computerbildschirm. Die Aufgabe war es dem sich ständig bewegenden Quadrat mit dem Mauszeiger, nun als weißer Kreis dargestellt, zu folgen beziehungsweise mit diesem mittig im Quadrat zu bleiben.

## 3.9 Datenanalyse

Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm IBM SPSS Statistics Version 27 (IBM Corporation, Armonk, New York, USA). Das Signifikanzniveau betrug bei allen

Berechnungen  $\alpha = .05$ . Für die deskriptive Statistik wurden unter anderem Mittelwerte, Standardabweichungen und Standardfehler berechnet. Mithilfe von Varianzanalysen (ANOVA, analysis of variance) fand die Prüfung der Unterscheidbarkeit der vier Duftgruppen statt, ergänzt mit Bonferroni post-hoc Tests. Aufgrund des Studiendesigns konnten auch Varianzanalysen mit Messwiederholungen durchgeführt werden, welche ebenso mit Bonferroni post-hoc Tests ergänzt wurden. Für jede Schlafphase (Zeit im Bett, geschlafen, wach, REM-Schlaf, Leichter Schlaf, Tiefschlaf) erfolgte dies, wobei jeweils zwei Nächte zusammengefasst wurden, die erste und die zweite Phase der Studie voneinander getrennt. Es wurden die Nächte mit und ohne Duftexposition als Innersubjektfaktoren, und die Duftgruppenzugehörigkeit als Zwischensubjektfaktor definiert. Anschließend fassten wir die unterschiedlichen Düfte zu einer Duftgruppe zusammen und die Placebogruppe stellte fortwährend die Gruppe ohne Duft dar. Im Test für unabhängige Stichproben wurden F-Test, t-Test sowie die Effektgrößen untersucht.

# 4 Ergebnisse

## 4.1 Deskriptive Statistik

An der Studie nahmen 139 Probanden teil, davon waren 41% Männer und 59% Frauen. Insgesamt fünf Teilnehmer beendeten die Studie nicht und ein Proband gab nur sehr unvollständige Schlaftagebücher ab, sodass von maximal 133 Personen Schlafdaten erhoben wurden. In Tabelle 7 sind Daten mit der jeweiligen Anzahl (N) der Probanden, Mittelwerten ( $\bar{X}$ ) und Standardabweichungen (SD) aufgeführt. Dies gilt auch für Tabelle 8 und Tabelle 9.

## 4.2 Riechtestungen

Das Riechvermögen bezüglich der Riechschwelle war nicht identisch unter den Probanden der verschiedenen „Duftgruppen“. Die Placebogruppe hatte durchschnittlich die größten T-Werte (7,2;  $\pm$  2,0), gefolgt von der Orangegruppe (6,3;  $\pm$  2,5) und der Laurinalgruppe (6,0;  $\pm$  3,2). In der Sleepimp-Gruppe erzielten die Probanden die niedrigsten T-Werte (5,7;  $\pm$  2,5). Die Mittelwerte, welche in Abbildung 10 dargestellt sind, unterschieden sich in den Duftgruppen ( $p= 0,047$ ).

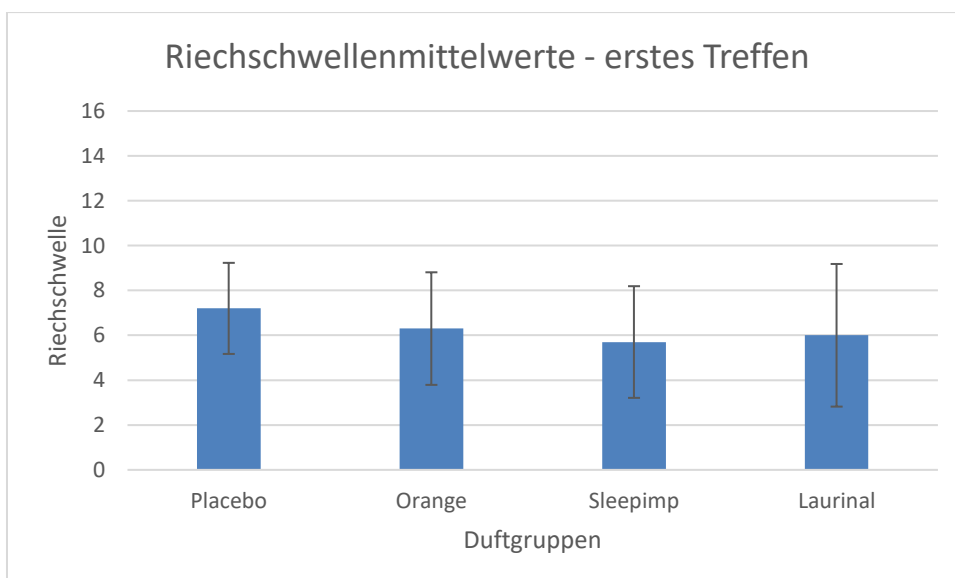


Abbildung 10: Mittelwerte der Riechschwelle der ersten Sitzung der verschiedenen Duftgruppen mit SD.

Dieselbe Reihenfolge zeigte sich auch beim SDI, wobei alle Teilnehmer als normosmisch (SDI= 30,75-41,25) eingestuft wurden (Oleszkiewicz et al., 2019). Ebenso waren die Gruppen nicht gleich in ihrer Gesamtriechleistung ( $p=0,028$ ), nach  $\eta^2=0,065$  ein mittelgradiger Effekt. Die Mittelwerte der Gruppen sind in Abbildung 11 zu sehen.

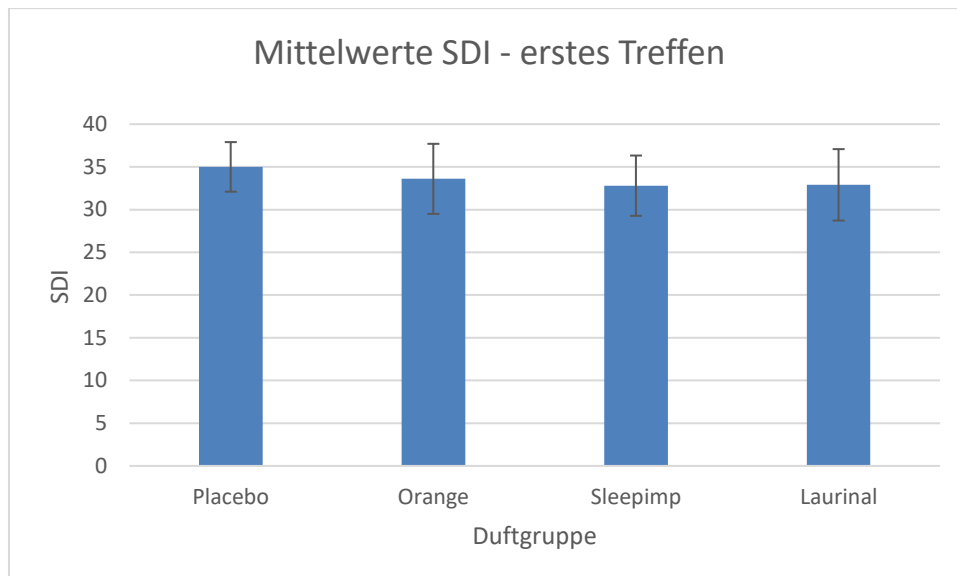


Abbildung 11: SDI-Mittelwerte des ersten Treffens der verschiedenen Duftgruppen mit SD.

Um eine etwaige Verbesserung des Riechens ermitteln zu können, wurde die Differenz zwischen den Riechschwelenwerten der zweiten und der ersten Sitzung gebildet. Diese war bei allen Gruppen positiv, alle Probanden verbesserten sich in der Riechschwelle nach der Duftexposition. Am wenigsten verbesserte sich die Orangegruppe (0,02;  $\pm 1,98$ ) noch vor der Placebogruppe (0,09;  $\pm 2,01$ ). Die Sleepimpgruppe wies auch größere T-Werte in der zweiten Sitzung auf (1,17;  $\pm 2,48$ ), doch die Laurinalgruppe zeigte die größten Verbesserungen (1,73;  $\pm 2,86$ ).

Die Verbesserungen der Riechschwelle der Duftgruppen wiesen unterschiedliche Ausprägungen auf ( $p=0,006$ ), wobei es um einen mittleren Effekt handelt ( $\eta^2=0,090$ ). Im Vergleich untereinander zeigten sich die größten Unterschiede zwischen Placebo- und Laurinalgruppe ( $p=0,018$ ), und zwischen Orange- und Laurinalgruppe ( $p=0,025$ ). Graphisch dargestellt wird dieser Sachverhalt in Abbildung 12.

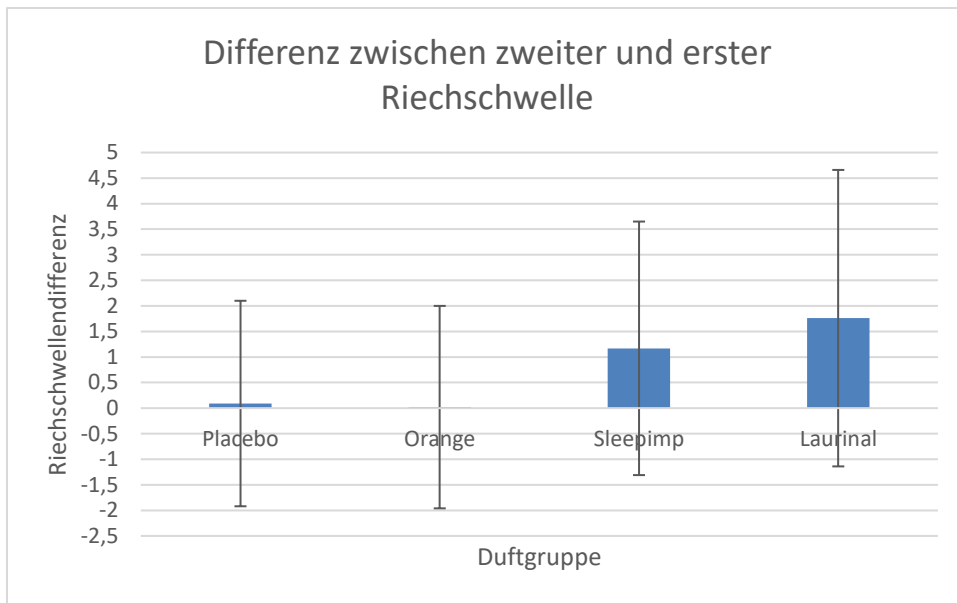


Abbildung 12: Mittelwerte der Differenzen zwischen zweiter und erster Riechschwelle der Duftgruppen mit SD.

## 4.3 Schlafdokumentation

### 4.3.1 Schlaftagebuch

Grundsätzlich ist anzumerken, dass nicht alle Probanden die Schlaftagebücher immer gewissenhaft ausgefüllt haben, wie bereits angedeutet im Unterkapitel deskriptive Statistik. Die Mehrheit der Probanden gab jedoch gut geführte Schlaftagebücher ab. Falls die Schlaftagebücher der ersten Phase nicht zufriedenstellend ausgefüllt wurden, konnte bei der zweiten Sitzung darauf hingewiesen und so eine Vervollständigung der Schlaftagebücher der zweiten Phase angestrebt werden. Dass es sich hierbei um subjektive Daten handelt, sollte immer Berücksichtigung finden.

In Zusammenschau der Mittelwerte der einzelnen Duftgruppen, verdeutlichte sich ein Anstieg dieser über die Zeit der Duftexposition, zu sehen in Abbildung 13.

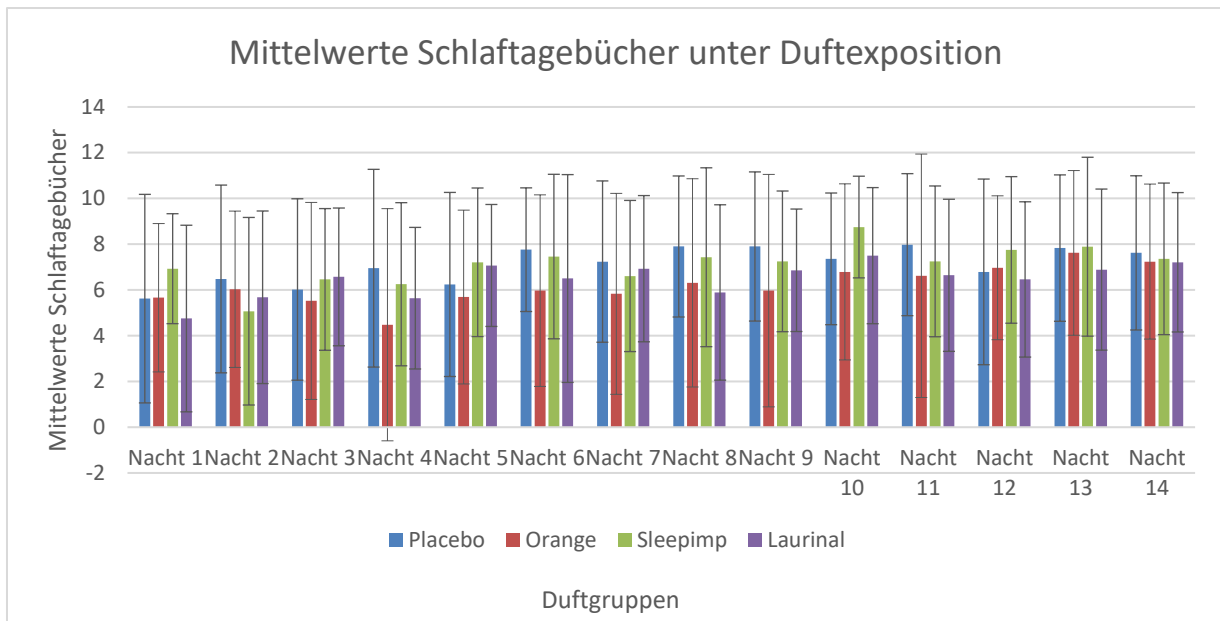


Abbildung 13: Mittelwerte der Schlaftagebücher aller Duftgruppen in der ersten Studienphase mit SD.

In der zweiten Studienphase verzeichnete sich kein Anstieg der Mittelwerte wie in der ersten, die Werte zeigten keine großen Veränderungen und schlossen sich dem Punktniveau an, mit welchem die Phase eins abgeschlossen wurde. Nachzuvollziehen ist dies in Abbildung 14.

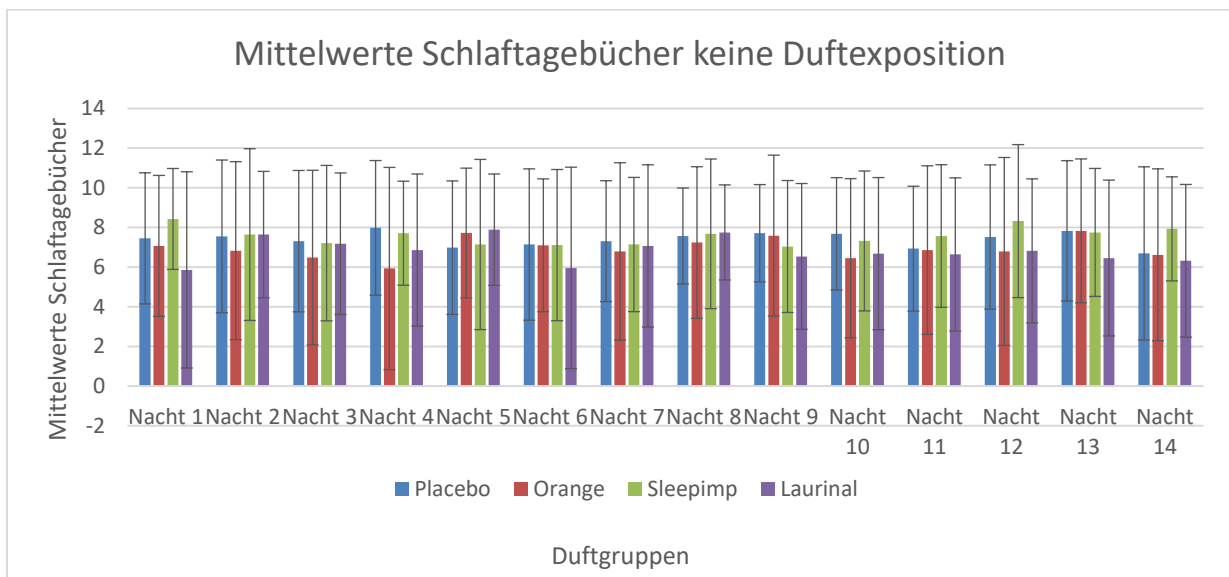


Abbildung 14: Mittelwerte der Schlaftagebücher aller Duftgruppen in der zweiten Studienphase mit SD.

Es ist naheliegend die zwei Phasen gegenüberzustellen. Eine erste Analyse aller Teilnehmer zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Nächten ( $F(1,123) = 13,787, p < 0,001$ ,

partiell  $\eta^2 = 0,101$ , Wilk's  $\Lambda = 0,899$ ). In Hinblick auf die einzelnen Duftgruppen hob sich keine hervor ( $F(3,123) = 0,660$ ,  $p < 0,578$ , partiell  $\eta^2 = 0,016$ , Wilk's  $\Lambda = 0,984$ ).

## 4.3.2 Schlafphasen

### 4.3.2.1 REM-Schlaf

Die letzten zwei Nächte mit Duftexposition verbrachten die Duftgruppen unterschiedlich lang in der REM-Schlafphase ( $F[3, 45] = 3,41$ ,  $p = 0,025$ ), welches als großer Effekt einzustufen ist ( $\eta^2=0,185$ ). Besonders unterschieden sich die Placebo- und die Orangegruppe ( $p=0,041$ ), bereits in Abbildung 15 zu erahnen.

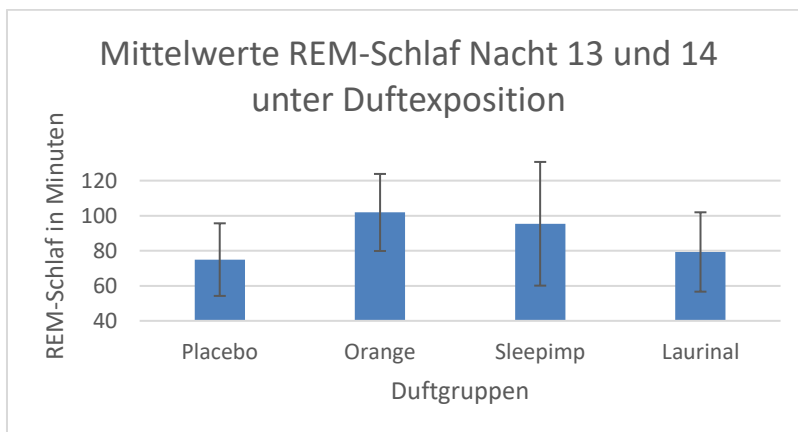


Abbildung 15: Mittelwerte des REM-Schlafs der 13. und 14. Nacht unter Duftexposition in den verschiedenen Duftgruppen mit SD.

Der REM-Schlaf wies auch in der 5. und 6. Nacht ohne Duftexposition einen statistischen Unterschied zwischen den Duftgruppen auf ( $F[3, 49] = 3,95$ ;  $p = 0,013$ ), zu sehen in Abbildung 16.

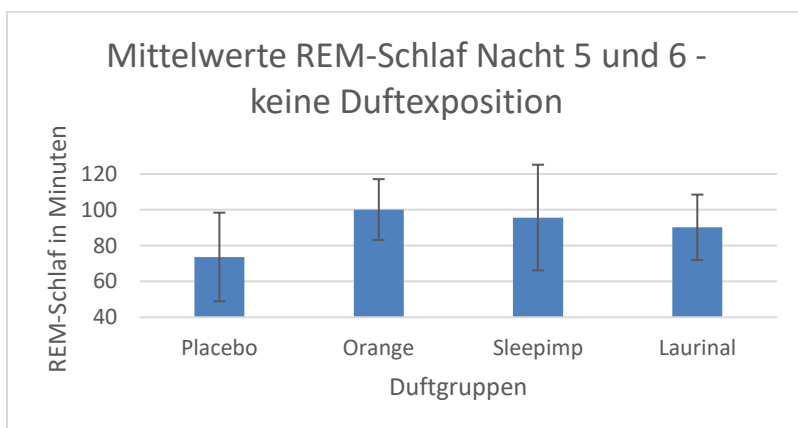


Abbildung 16: Mittelwerte des REM-Schlafs der 5. und 6. Nacht ohne Duftexposition in den verschiedenen Duftgruppen mit SD.



#### 4.3.2.2 Zeit im Bett

Als wichtige Innersubjektfaktoren bei der Zeit, die im Bett verbracht wurde, konnten die Faktoren Duft/kein Duft ( $p=0,001$ ), Nächte ( $p<0,001$ ), und die Kombination beider ( $p<0,001$ ) identifiziert werden. Dabei zeigte ein Bonferroni-korrigierter post-hoc Test einen signifikanten Unterschied ( $p < 0,001$ ) in der Zeit die im Bett verbracht wurde zwischen den ersten zwei Nächten und den letzten zwei Nächten ( $F[20,17, 65,03]=42,60$ ). Der signifikante Unterschied zeigte sich bei allen Vergleichen zu den letzten zwei Nächten. Die folgenden Varianzanalysen mit Messwiederholung wurden ohne die letzten zwei Nächte durchgeführt.

Zwei Nächte wurden fortwährend zusammengefasst, sodass es nun sechs Nachtpaare je Studienphase gab. In der ANOVA mit Messwiederholungen zeigte sich jedoch kein Einfluss der Faktoren Duft/kein Duft und Nächte gleich welche Schlafphase beziehungsweise ob die Nächte paarweise oder vier Nächte zusammengefasst wurden, siehe Tabelle 10. Nur in der Zusammenfassung von vier Nächten, konnte ein signifikanter Einfluss des Faktors Nacht auf die Wachheit gefunden werden ( $F[2,114]=3,18; p=0,045$ , partielles  $\eta^2 = 0,053$ ). Der daraufhin durchgeführte post-hoc Bonferroni Test zeigte keine Signifikanz zwischen den Nächten ( $p=0,13$ ,  $p=1,00$ ,  $p=0,08$ ).

## 4.4 Duftbewertung

Die Teilnehmer bewerteten ihren jeweiligen Duft andersartig ( $F[3, 113] = 5,75$ ,  $p = 0,001$ ), mit mittelgradigen Effekt ( $\eta^2=0,132$ ), veranschaulicht in Abbildung 17. Weitere Analysen zeigten, dass sich Placebo- und Orangegruppe ( $p=0,011$ ) und Placebo- und Sleepimpgruppe ( $p=0,002$ ) voneinander unterschieden.

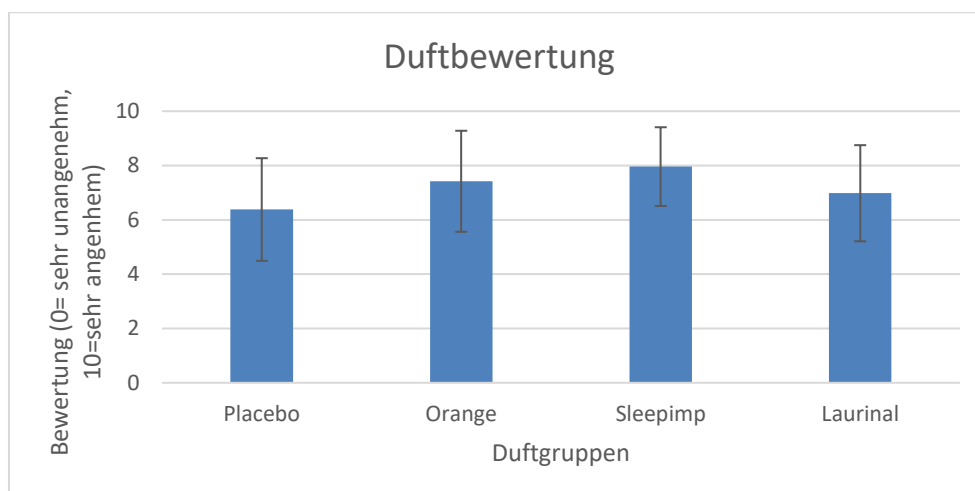


Abbildung 17: Mittelwerte der Duftbewertung des designierten Duftes durch die Duftgruppen mit SD.

## 4.5 Fragebögen und Tests

### 4.5.1 Anamnese

Der Anamnesebogen diente der Überprüfung des Vorhandenseins von Ausschlusskriterien und gab einen Einblick auf den jeweiligen Probanden. Die Teilnehmer kamen aus verschiedenen Ländern und waren meist Studenten bzw. arbeitend, zu sehen in der Abbildung 18.

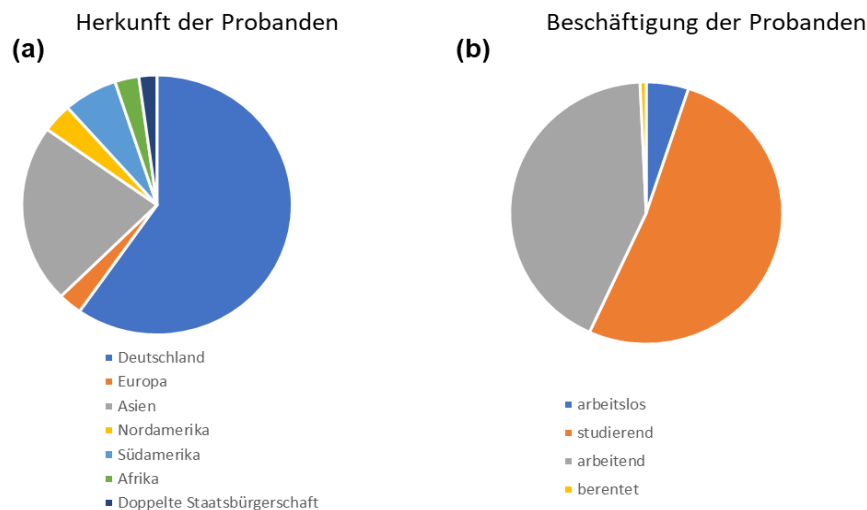


Abbildung 18: Herkunft (a) und Beschäftigung (b) der Probanden.

### 4.5.2 Bedeutung der Geruchswahrnehmung

Der beim ersten Treffen erhobene Gesamtwert war nicht gleich zwischen den Teilnehmern ( $F[3, 135] = 3,23, p = 0,025$ ), der Effekt ist als mittelgradig zu klassifizieren ( $\eta^2=0,067$ ). Besonders die Antworten der Placebo- und der Orange Gruppe zeigten Differenzen auf ( $p=0,021$ ). Verbildlicht wird dies in der Abbildung 19.

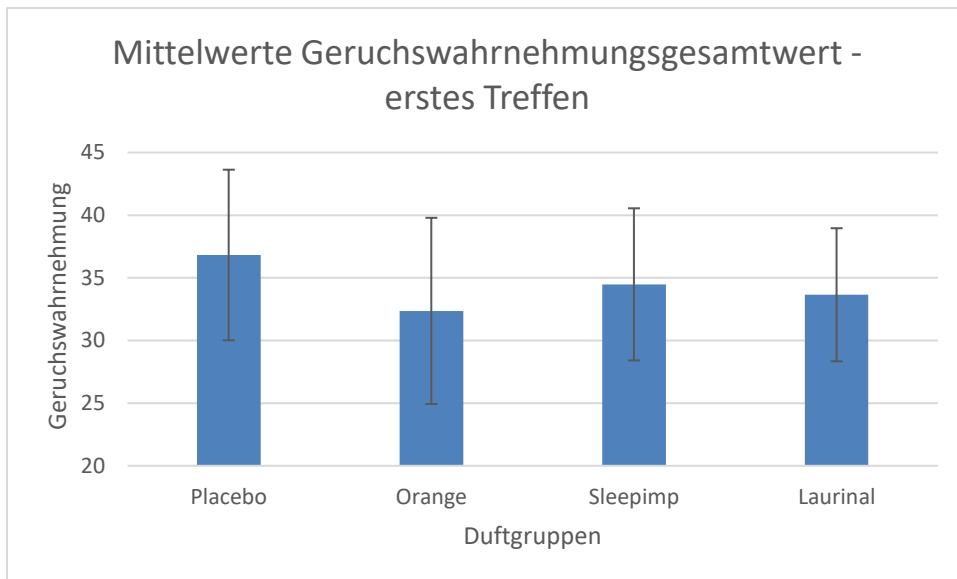


Abbildung 19: Mittelwerte der Gesamtwerte der Geruchswahrnehmung der ersten Sitzung aller Duftgruppen mit SD.

### 4.5.3 NEO-FFI

Die Teilnehmer unterschieden sich nicht signifikant voneinander bezüglich des erreichten Gesamtpunktwertes im NEO-FFI Fragebogen ( $p=0,22$ ). Das Gleiche gilt für die einzelnen Kategorien. Bezüglich des Neurotizismus ( $p=0,30$ ), der Extraversion ( $p=0,67$ ), der Offenheit ( $p=0,20$ ), der Verträglichkeit ( $p=0,49$ ), der Genauigkeit ( $p=0,22$ ) präsentierte sich das Probandenkollektiv homogen, zu erkennen an der graphischen Darstellung der Mittelwerte der Kategorien in der Abbildung 20.

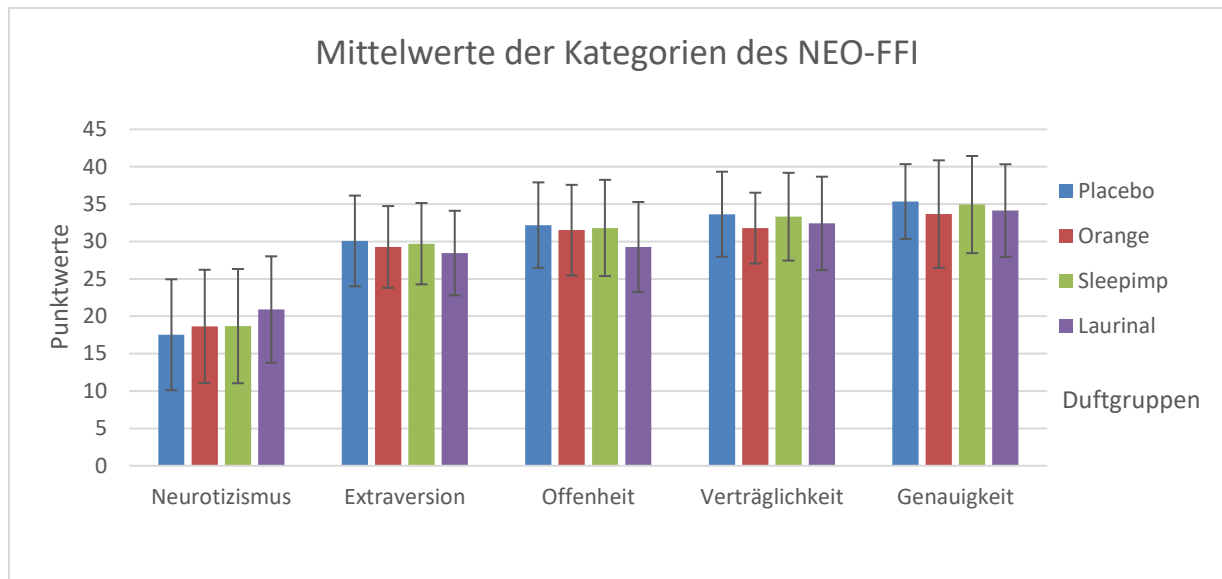


Abbildung 20: Mittelwerte der Kategorien des NEO-FFI, verteilt auf die unterschiedlichen Duftgruppen mit SD.

#### 4.5.4 HADS

Bei den Fragen zur Depressivität (D) während des ersten Treffens zeigten die Probanden sich einheitlich ( $p=0,30$ ). Das gleiche betraf die Kategorie Angst (A) ( $p=0,28$ ). Es gab auch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, wenn die Differenz der Werte zwischen zweitem und erstem (2diff) bzw. zwischen dritten und zweiten Wert (3diff) gebildet wurde. HADS\_A\_2diff ( $p=0,67$ ), HADS\_D\_2diff ( $p=0,23$ ), HADS\_A\_3diff ( $p=0,49$ ) und HADS\_D\_3diff ( $p=0,46$ ).

#### 4.5.5 d2R-Test

Der d2R-Test wies keine signifikanten Ergebnisse vor AF ( $p=0,78$ ), KL ( $p=0,84$ ), F% ( $p=0,80$ ). Die Resultate der Teilnehmer unterschieden sich nicht voneinander. Es zeigten sich auch keine Unterschiede zwischen den Treffens. Bei den folgenden Werten wurden, analog zum HADS-Test, die Differenzen der Werte des zweiten und des ersten Treffens (2diff) sowie die Differenzen der Werte des dritten und zweiten Treffens (3diff) gebildet: AF\_2diff ( $p=0,51$ ), KL\_2diff ( $p=0,62$ ), F%\_2diff ( $p=0,53$ ), AF\_3diff ( $p=0,62$ ), KL\_3diff ( $p=0,66$ ), F%\_3diff ( $p=0,74$ ).

#### 4.5.6 TMT

Beim TMT des ersten Treffens waren die Leistungen der Duftgruppen ausgeglichen ( $p=0,18$ ). Auch im Hinblick auf Unterschiede zwischen den Treffens zeigten sich keine nennenswerten Veränderungen: TMT\_2diff ( $p=0,056$ ), TMT\_3diff ( $p=0,058$ ). Auch hier steht

\_2diff für die Differenz aus dem TMT-Wert des zweiten und ersten Treffens, und \_3diff für die Differenz aus dem TMT-Wert des dritten und des zweiten Treffens.

## 4.6 EEG-Aufnahmen

Die Aufnahmen der ersten 20 Probanden wurden von einem elektrischen Störsignal überlagert und waren zu artefaktreich, um diese zu analysieren. Dieser Umstand offenbarte sich bei einer ersten Zwischenauswertung bei Proband 20. Daraufhin erfolgte die Suche, Detektion und der Entfernung des Störsignals. Die folgenden Aufnahmen konnten analysiert werden. Dabei gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ( $p=0,23$ ).

## 4.7 Gruppenstatistiken

Verallgemeinert man die Probandengruppen in „Kein Duft“ beziehungsweise Kontrollgruppe (ehemals Placebogruppe) und „Duft“ (ehemals Orangegruppe, Sleepimpgruppe, Laurinalgruppe) erhält man zwei Gruppen. Folgend werden lediglich statistisch signifikante Ergebnisse aufgeführt, bei der Angabe der Unterschiede handelt es sich um Durchschnittswerte. Außerdem erfolgt stets der Vergleich zwischen Kontroll- und Duftgruppe.

### 4.7.1 Riechtestungen

Die während der ersten Sitzung von der Kontrollgruppe erhobenen T-Werte waren um 1,25 höher als die der Duftgruppe ( $p=0,008$ ). Der Effekt ist als klein einzustufen, denn Cohens  $d$  betrug  $d=0,49$ . Auch beim Gesamtwert der ersten Riechtestungen erzielte die Kontrollgruppe um 1,93 höhere Resultate als die Duftgruppe ( $p=0,004$ ), mit einem mittleren Effekt ( $d=0,53$ ). Vergleicht man die Differenz der T-Werte der ersten und zweiten Sitzung zwischen den Gruppen, war diese bei der Duftgruppe um 0,88 größer ( $p=0,046$ ). Diese Probanden erzielten folglich höhere T-Werte nach der Duftexposition. Der Effekt fiel klein aus ( $d=0,37$ ).

### 4.7.2 Fragebögen

Die Kontrollgruppe maß, im Vergleich mit der Duftgruppe, Gerüchen mehr Bedeutung zu. Im Durchschnitt vergaben Teilnehmer der Kontrollgruppe 3,34 höhere Punktwerte als die Probanden der Duftgruppe beim Geruchswahrnehmungsgesamtscore ( $p=0,005$ ), mit einem mittleren Effekt ( $d=0,52$ ). Auch in den einzelnen Kategorien erlangte die Kontrollgruppe höhere Werte als die Duftgruppe. In der Kategorie Anwendung handelte es sich um einen Unterschied von 1,31 Punkten ( $p=0,043$ ). Bei  $d=0,37$  ist von einem kleinen Effekt

auszugehen. Einen geringeren Unterschied gab es in der Kategorie Konsequenz: 1,18 Punkte ( $p=0,01$ ). Der Effekt war ebenso klein ( $d=0,47$ ).

Einen mittleren Effekt wies die Duftbewertung auf ( $d=0,67$ ). Die Kontrollgruppe bewertete ihren „Duft“ um 1,16 Punkte niedriger als die Duftgruppe ( $p=0,002$ ).

### 4.7.3 Schlafphasen

#### 4.7.3.1 Wachheit

Die Kontrollgruppe war während des ersten Nachtpaares unter Duftexposition 15,51 Minuten wacher als die Duftgruppe ( $p=0,046$ ). Dies ist als mittlerer Effekt einzuordnen ( $d=0,52$ ). Im darauffolgenden Nachtpaar war die Kontrollgruppe auch wacher als die Duftgruppe: 17,59 Minuten ( $p=0,039$ ). Auch dieser Effekt ist als mittelgradig einzustufen ( $d=0,54$ ). Die Effektgröße bleibt ähnlich ( $d=0,57$ ) bei Betrachtung beider Nachtpaare zusammen bzw. des ersten Nachtquartetts. Die Duftgruppe hatte 16,58 Minuten mehr geschlafen als die Kontrollgruppe ( $p=0,031$ ).

#### 4.7.3.2 REM-Schlaf

Während des ersten Nachtpaares unter Duftexposition befand sich die Kontrollgruppe 18,49 Minuten weniger in der REM-Phase als die Duftgruppe ( $p=0,024$ ). Es handelt sich um einen mittleren Effekt ( $d=0,67$ ), wie auch beim sechsten Nachtpaar ( $d=0,65$ ). In dieser Zeit verzeichnete die Kontrollgruppe 16,84 Minuten weniger REM-Schlaf als die Duftgruppe ( $p=0,027$ ). Im ersten Nachtpaar ohne Duftexposition war die Kontrollgruppe 17,20 Minuten weniger in der REM-Phase als die Duftgruppe ( $p=0,047$ ). Einzugliedern ist dieser Effekt als mittelgradig ( $d=0,58$ ), ebenso beim dritten Nachtpaar ( $d=0,72$ ). In diesen Nächten zeichnete die Duftgruppe 15,36 Minuten mehr auf als die Kontrollgruppe ( $p=0,14$ ). Im ersten Nachtquartett ohne Duftexposition war der REM-Schlaf der Kontrollgruppe 17,09 Minuten kürzer als der der Duftgruppe ( $p=0,023$ ). Auch dieser Effekt ist als mittelgradig einzustufen ( $d=0,63$ ), ebenso das zweite Nachtquartett betreffend ( $d=0,66$ ). In diesen Nächten hatte die Duftgruppe 14,24 Minuten mehr REM-Schlaf als die Kontrollgruppe ( $p=0,015$ ).

#### 4.7.3.3 Tiefschlaf

Im vierten Nachtpaar ohne Duft verbrachte die Kontrollgruppe 11,27 Minuten weniger im Tiefschlaf als die Duftgruppe ( $p=0,044$ ). Es handelt sich hier um einen mittleren Effekt ( $d=0,57$ ), so auch beim zweiten Nachtquartett ( $d=0,58$ ). In dieser Zeit verbrachte die Duftgruppe 9,38 Minuten mehr in der Tiefschlafphase als die Kontrollgruppe ( $p=0,033$ ).

## 4.8 Zusammenfassung Ergebnisse

Es folgt eine Zusammenfassung der wichtigsten signifikanten Ergebnisse.

Nach der Duftexposition zeigten alle Probanden eine Verbesserung der Riechschwelle in Bezug auf den jeweiligen Ausgangswert. Im Besonderen galt dies für die Laurinalgruppe.

Im Fragebogen zur Bedeutung der Geruchswahrnehmung hatten Probanden der Placebogruppe die höchsten Punktzahlen. Hingegen vergaben diese Teilnehmer die geringsten Punktzahlen bei der Geruchsbewertung. Bei dieser Frage vergaben Probanden der Sleepimpgruppe die höchsten Bewertungen.

Bezüglich des Schlafes zeigte sich weniger Wachheit während der Duftexposition bei den Duftgruppen.

Die Teilnehmer der Duftgruppe verbrachten auch mehr Zeit in der REM-Schlafphase, sowohl in der ersten als auch in der zweiten Phase der Studie.

Außerdem konnte bei diesen Teilnehmern mehr Tiefschlaf in der Zeit ohne Duft gemessen werden.

Gemein hingegen war allen Teilnehmer eine höhere Punktevergabe bei den Schlaftagebüchern während der Duftexposition. In der zweiten Studienphase vergaben die Probanden ähnlich viele Punkte, wie zum Ende der ersten Studienphase.

# 5 Diskussion

## 5.1 Riechen

Das Riechvermögen von Patienten mit olfaktorischer Dysfunktion unterschiedlicher Genese, bspw. postinfektiös, posttraumatisch, altersbedingt, ist durch olfaktorisches Training verbesserbar (Damm et al., 2014; Wegener et al., 2018; Pellegrino et al., 2019). Ebenso können Gesunde ihr Riechvermögen, durch vermehrten Fokus auf bzw. Auseinandersetzung mit Gerüchen, steigern (Oleszkiewicz et al., 2021). In dieser Studie wurden die Probanden nicht explizit gebeten sich auf ihren Geruchssinn zu konzentrieren, dennoch konnten höhere Schwellenwerte nach Duftexposition gemessen werden. Zum einen lässt es den Schluss zu, dass sich die Teilnehmer in der ersten Phase der Studie vermehrt mit dem Riechen beschäftigt haben. Einige berichteten von ihren Eindrücken bzgl. des zugeteilten Duftes über die ersten zwei Wochen, und zeigten somit eine gesteigerte Auseinandersetzung mit diesem Duft. Es ist möglich, dass die Probanden sich daraufhin bewusst mit ihrem Geruchssinn befassten und ihrer olfaktorischen Umgebung mehr Aufmerksamkeit schenkten. Zum anderen kann es sich um ein unbewusstes Riechtraining handeln. Die genannte, erzielte Verbesserung post odor expositionem zeigte sich lediglich in der Riechschwelle, welche relativ das periphere Riechen widerspiegelt (Sorokowska et al., 2017). Diese Qualität ist anscheinend bei Gesunden mit einfachen Maßnahmen steigerbar. Die Identifikation hingegen ist stärker abhängig von der Kognition des Einzelnen (Hedner et al., 2010). In den kognitiven Testungen unterschieden sich die Probanden jedoch nicht signifikant voneinander, sodass keine Verbesserung bzgl. der Identifikation zu erwarten war.

## 5.2 Schlafen

Die anfänglich aufgestellte Hypothese, dass nicht alle Düfte gleich effektiv wirken, konnte nicht gänzlich bestätigt werden. Zwar gab es Unterschiede zwischen Tagebüchern mit und ohne Duft, allerdings beeinflusste kein bestimmter Duft den Schlaf der Probanden. In der ersten Studienphase konnte lediglich in der Wachheit ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Durchschnittlich war die Placebogruppe 17 Minuten mehr wach in den ersten vier Nächten. In den ersten acht Nächten der zweiten Studienphase wies die Placebogruppe 9 Minuten weniger Tiefschlaf auf. Ebenfalls in den ersten acht Nächten dieser Phase verbrachte die Placebogruppe 15,5 Minuten weniger im REM-Schlaf.



Im Folgenden werden Beispiele genannt, welche die Bedeutung dieser Schlafphase unterstreichen, und das steigende wissenschaftliche Interesse hervorheben. So konnte ein verringerter Prozentsatz des REM-Schlafs mit einem höheren Risiko für Gesamtmortalität, kardiovaskulärer und anderer nicht-krebsbedingter Mortalität assoziiert werden (Leary et al., 2020). Außerdem spielt die REM-Schlafphase eine mutmaßlich wichtige Rolle bei der Stärkung und Modulation des emotionalen Gedächtnisses, also den Erinnerungen, welche mit Gefühlen verbunden sind (Hutchison und Rathore, 2015). Diese Schlafphase scheint auch von der erlebten Wirkung des Duftes auf die Probanden abhängig zu sein. Wird ein Duft als stimulierend empfunden, kann dies zu weniger REM-Schlaf führen (Goel und Lao, 2006). Ein Aspekt bei der Auswahl bzw. Verdünnung der Düfte war, dass diese nicht zu stark, mit anderen Worten nicht zu stimulierend, sein sollten. In Bezug auf die Länge der REM-Schlafphase in den unterschiedlichen Gruppen zeigte sich somit eine Bestätigung dieses Merkmals. Es stellt sich die Frage, ob diese Eigenschaft ebenso für eine langfristige Schlafoptimierung genutzt werden kann. Ätherische Öle, welche unter anderem in diesem Bereich genutzt werden, haben beispielsweise einen Kurzzeiteffekt (Lillehei und Halcon, 2014). Dass auch Unterschiede bezüglich der Schlafphasen im zweiten Studienabschnitt verzeichneten wurden, deutet auf eine länger anhaltende Wirkung der Düfte hin. Der gemessene Effekt dieser Studie kann als zwischen- nicht jedoch als langfristig bezeichnet werden. Mit einem längeren Beobachtungszeitraum, bspw. über drei Monate, könnte ein eventueller Langzeiteffekt gemessen werden. Allerdings darf bei Langzeitanwendungen von Düften der Gewöhnungseffekt sowie die Rezeptoradaptation nicht außer Acht gelassen werden (Kontaris et al., 2020). Anzumerken, basierend auf dieser Studie, sind die Berichte mehrerer Probanden, dass sie gen Ende der Duftexposition keinen Duft mehr wahrnahmen. Dies könnte auch in der Verflüchtigung des Duftes aus dem Nasenclip begründet sein, sodass sich verschiedene Möglichkeiten für eine Folgestudie abzeichnen. Zum einen könnten die Probanden wöchentlich mit einem neuen Nasenclip ausgestattet werden. Zum anderen kann durch einen Wechsel verschiedener Düfte die Wahrscheinlichkeit der Gewöhnung bzw. der Adaptation reduziert werden. An dieser Stelle besteht die Möglichkeit auf die Duftvorlieben des Individuums einzugehen. Dies ist ein aktuell wenig beachteter Aspekt, wie auch andere Effekte der Individualität (bspw. kultureller Hintergrund, Erfahrung mit Gerüchen) (Herz, 2009).

Zusammengefasst haben die Düfte zu weniger Wachheit, mehr Tiefschlaf und mehr REM-Schlaf geführt. Die Schlafeffizienz, also das Verhältnis zwischen geschlafener Zeit und der Zeit, die im Bett verbracht wurde, konnte durch die Düfte gesteigert werden. Dies konnte beispielsweise auch für Jasminduft bestätigt werden (Raudenbush et al., 2003). Außerdem ist eine positive Wirkung auf Schlaf durch Jasmin-, Lavendel- und Pfefferminzduft

beschrieben (Lillehei und Halcon, 2014). Olfaktorische Stimulation kann folglich unterstützend auf Schlaf wirken (Ackerley et al., 2020).

## 5.3 EEG-Messungen

Die Analyse der elektroenzephalographischen Messungen erbrachte keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Duftgruppen. Bezüglich der Aufnahmen der ersten 20 Probanden machte ein elektrisches Störsignal diese nicht-analysierbar, wie bereits in 4.6 erwähnt. Bei den weiteren Aufnahmen kann es zum einen an der Dauer dieser gelegen haben, welche große Datenmengen zur Folge hatte, dass keine signifikanten Ergebnisse erhoben werden konnten. Für die Analyse mussten diese komprimiert werden. Sie bildeten folglich Durchschnittswerte ab und spiegelten nicht die Gesamtheit der Daten vollständig wider. Hinzu kommt, dass es einem Teil der Probanden schwer fiel die gesamte Zeit wach und aufmerksam zu bleiben. An dieser Stelle kann es zu einer Verzerrung der Daten gekommen sein, denn beim Bewusstheitszustand zwischen Wachheit und Schlaf werden vermehrt alpha-Wellen abgeleitet, bei geschlossenen Augen jedoch vermindert (Matsubara et al., 2011). Im Nachhinein ist es nicht sicher möglich zwischen möglicher Dufteinwirkung und Müdigkeit zu differenzieren. Bei zukünftigen Studien wäre es interessant, eine kürzere EEG-Aufnahmedauer zu wählen. Grundsätzlich ist es jedoch möglich eine Dufteinwirkung auf Menschen elektroenzephalographisch zu messen. So konnte bei Probanden, die für drei Minuten entweder an Lavendel- oder Rosmarinaromaöl rochen, bei der EEG-Aufnahme mehr beta-Wellen (Lavendel) bzw. weniger alpha-Wellen (Rosmarin) registriert werden (Diego et al., 1998). Es zeigt auch, dass die beiden Düfte sich hinreichend voneinander unterschieden, im Gegensatz zu den Düften dieser Studie, welche allesamt eine fruchtige Note enthielten.

## 5.4 Testungen

Der Begriff Kognition umfasst sehr unterschiedliche Qualitäten. Die Bandbreite der zur Verfügung stehenden Testungen ist folglich sehr groß. Je nach Fragestellung bzw. Studiendesign kommen verschiedene Tests zum Einsatz: Beispielsweise Rechenaufgaben mit dem Hintergrund der Verbesserung der Leistung der durch Duft gesteigerten Konzentration, welches nicht bestätigt werden konnte (Matsubara und Kawai, 2014). Hingegen konnte eine Leistungssteigerung bei zwei Einheiten von Rechenaufgaben, welche durch eine Aromatherapieeinheit unterbrochen worden, erwiesen werden (Diego et al.,

1998). Bereits diese zwei Beispiele weisen auf die Komplexität der Thematik hin. Studien, die auch mit der Verknüpfung der Aspekte Kognition, Schlaf und Duft arbeiteten, konnten signifikante Resultate finden. Der Fokus der kognitiven Testung lag auf der menschlichen Gedächtnisleistung bzw. dem Erinnerungsvermögen (Moss et al., 2003; Rihm et al., 2014; Klinzing et al., 2018). Es bestätigt sich hiermit eine der am weitesten verbreiteten Ideen in der Schlafwissenschaft: dass REM-Schlaf die Bildung und Konsolidierung bestimmter Arten von Gedächtnis erleichtert (Peever und Fuller, 2017).

## 5.5 Emotionen

Es steht außer Frage, dass Menschen durch Düfte emotional angeregt werden können (Kontaris et al., 2020). Wichtig für diese Studie waren die Aspekte der Entspannung und darauf basierend die schlaffördernde Wirkung. Lavendel, dessen beruhigende Wirkung bspw. in Zahnarztpraxen verwendet werden kann (Lehrner et al., 2005), genießt einen hohen Bekanntheits- und Stellengrad bei Schlafproblemen. Er fördert zudem die Zufriedenheitsrate, ebenso wie alpha Pinen, welches aus Kiefernharz gewonnen und unter anderem in ätherischen Ölen zugänglich gemacht wird (Schreiner et al., 2020). Zudem haben Öle von Hölzern suppressierende Effekte auf den Sympathikus (Matsubara und Kawai, 2014). Jedoch können Düfte, beispielsweise Lavendel, auch den Parasympathikus beeinflussen (Kuroda et al., 2005).

Für zukünftige Studien wäre es von Interesse, Düfte anhand ihrer sympatholytischen bzw. parasympathomimetischen Eigenschaften auszuwählen und außer EEG-Aufnahmen zusätzliche Messungen durchzuführen. Aber Düfte wirken nicht nur auf pharmakologischer Ebene, sondern auch auf psychologischer und beeinflussen die Stimmung eines Menschen (Kuroda et al., 2005). Angenehme Düfte rufen angenehme Gefühle hervor (Alaoui-Ismaïli et al., 1997; Kiecolt-Glaser et al., 2014). Bei der Auswahl der Düfte, beispielsweise ob angenehm oder nicht, ist auch die Erfahrung mit Düften und das Duftvorlieben nicht zu vernachlässigen bzw. in die Studie zu integrieren (Kontaris et al., 2020).

Auch die Auswahl der Probanden kann in einem zukünftigen Studiendesign verändert werden, der Fokus dieser Studie lag auf gesunden Teilnehmern. Die nächste Rekrutierung kann bspw. aus dem Kreis der affektiven Störungen, welche unter anderem mit Schlafstörungen einher gehen, erfolgen. Anxiolytisch bzw. antidepressiv wirkende Düfte werden bereits therapeutisch genutzt, auch mit dem Wissen der engen neuroanatomischen Verbindung von Olfaktion und Emotionen (Kontaris et al., 2020).

Düfte beeinflussen auch Träume, so verursachte Schwefelwasserstoff schlechte und PEA gute Träume (Schredl et al., 2009b). Ein Proband der Studie berichtete über das verminderte Vorhandensein von Träumen in der zweiten Studienphase.

Zudem konnten Patienten mit einer posttraumatischen Belastungsstörung positiv bzgl. der Intensität ihrer Träume durch einen nächtlichen Duftstimulus beeinflusst werden (Schäfer et al., 2019). Das große Potential der therapeutischen Möglichkeiten von Düften ist sicherlich noch nicht ausgeschöpft.

## 5.6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Düfte haben einen Einfluss auf den Nachtschlaf bei Gesunden, auch bei längerer Exposition. Veränderungen waren bei mehreren Parametern feststellbar. Für die Duftgruppe verbesserte sich der Schlaf in der Zeit der Studie. Die erhöhte Schlafeffizienz konnte durch die erhobenen Schlafphasen ermittelt werden. Unter Duftexposition waren die Teilnehmer der Duftgruppe weniger wach und hatten längere REM-Schlafphasen; ohne Duftexposition verbrachten sie mehr Zeit in REM- und Tiefschlafphasen.

Für zukünftige Studien besteht die Möglichkeit einer anderen Applikationsform des Dufts, beispielsweise in einem Fläschchen auf dem Nachttisch (Hirokawa et al., 2012) oder der Duft könnte auf das Kopfkissen gesprüht werden (Ackerley et al., 2020), denn das Tragen des Silikonclips wurde nicht immer als angenehm empfunden. Probanden berichteten auch vom mehrfachen Verlust des Clips in den Nächten. Manche bemerkten dies während der Nacht und setzen den Ring wieder ein, sofern sie fündig wurden. Andere bemerkten den Verlust erst am Morgen. Der Clip war folglich primär beim Einschlafen, die Wirkung des Duftes jedoch über die gesamte Studienzeit vorhanden. Letzteres kann in einem kleinen bzw. nicht vorhandenen Adaptationseffekt oder auch in einer persistierenden Wirkung begründet sein (Ackerley et al., 2020).

In der Zukunft könnte der Clip auch beibehalten werden und das Probandengut, beispielsweise Patienten mit Schlafstörungen, oder auch die Düfte, weiterhin wohlriechende, aber ebenso stimulierend wie Rosmarin, untersucht werden.

## 6 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde der Einfluss von Gerüchen auf den Nachtschlaf an gesunden Probanden untersucht. Auch im Schlaf findet die olfaktorische Reizverarbeitung statt und so konnten Studien in der Vergangenheit die Verbesserung der Gedächtnisleistung bei Duftexposition während des Nachtschlafes bereits feststellen. In diesen bemaß sich der Studienzeitraum auf wenige Nächte.

Die dieser Arbeit zu Grunde liegenden Studie untersuchte die Duftexposition über vier Wochen lang. Es kamen lediglich als angenehm wahrgenommene Düfte zur Verwendung, welche anhand einer zuvor stattgefunden Pilotstudie ermittelt wurden. Die eigentliche Studie wurde unter der Hypothese durchgeführt, dass nicht alle Düfte gleich effektiv wirken und dass die Schlafqualität mit gleicher Effektivität verbessert werden kann. Zusätzlich zu den Duftgruppen gab es eine Placebo- bzw. Kontrollgruppe.

An der Studie nahmen nur Gesunde teil. Trafen alle Einschlusskriterien zu, wurden drei Treffen mit je zwei Wochen Abstand zueinander vereinbart. Alle Treffen fanden nach dem gleichen Schema statt: Zunächst gab es Testungen des Geruchssinns, anschließend Fragebögen und zuletzt wurden EEG-Aufnahmen angefertigt. Für die ersten zwei Wochen erhielt jeder Proband einen zugewiesenen Duft, sowie Schlaftagebücher und gegebenenfalls einen Fitnesstracker. Für die sich anschließenden zwei Wochen erhielt der Proband beim zweiten Treffen erneut Schlaftagebücher, jedoch keinen Duft. Während des dritten Treffens wurden alle ausgehändigten Unterlagen wieder abgegeben.

Bezüglich der Riechschwelle verbesserte sich das Riechvermögen der Probanden. Außerdem konnte die Schlaffeffizienz in den Duftgruppen gesteigert werden. Folglich konnte auch diese Studie die schlaffördernde Wirkung von Düften auf den Nachtschlaf bestätigen. Die EEG-Aufnahmen, sowie die kognitiven Testungen ergaben keine signifikanten Ergebnisse.

In zukünftigen Studien könnten andere kognitive Testungen vorgenommen werden bzw. die Dauer der EEG-Aufnahmen reduziert werden. Interessant wäre auch dem Aspekt der Individualität, in Form von selbstausgesuchten, positiv konnotierten Düften, mehr Bedeutung zu schenken. Zuletzt sollte die Applikationsform des Duftes überdacht werden und eine angenehmere Anwendung gefunden werden. Es präsentieren sich viele unterschiedliche Möglichkeiten den Einfluss von Gerüchen auf den Nachtschlaf weiterhin und genauer zu untersuchen.

# 7 Summary

Olfactory stimuli processing also takes part in our sleep. This thesis addressed the influence of odors on night's sleep. Studies from the past could detect improvement concerning memory function by exposing volunteers to odors during their night's sleep. Those studies would focus on a few nights only.

This study monitored the participants for four weeks. Regarding the odors a pilot study determined three well perceived odors. The actual study was conducted under the hypothesis that not all fragrances are equally effective and that sleep quality can be improved with equal effectiveness. Additionally, to the odor groups there was a placebo or rather control group.

Participants had to meet several criteria to be a part of the study – the focus was on healthy individuals. After meeting all necessary criteria three appointments – separated by two weeks - were agreed on. All meetings followed the same scheme: first sense of smell testing, second answering questionnaires and third EEG recording. For the first two weeks every participant was equipped with an assigned odor, sleep diaries and as the case may be a fitness tracker. For the following two weeks the participant was given a new set of sleep diaries but no odor. All received items were returned at the third meeting.

Concerning the threshold, participants' sense of the smell can be viewed as improved. As well as sleep efficiency, which experienced an increase within the odor groups. Hence the soporific impact of odors on night's sleep found confirmation in this study. In respect of the EEG-recordings, as well as the cognitive testing, no significant outcomes could be obtained.

Carrying out different tests or rather shortening the recordings should be taken into consideration for future studies. Another interesting aspect is individuality in terms of self-chosen odors which have a positive connotation for the specific participant. At last, the way of odor presentation needs to be discussed. A more enjoyable, comfortable application should be found. To sum up: many different possibilities to further examine the influence of odors on the night's sleep emerge.

# Literaturverzeichnis

- Ackerley R, Croy I, Olausson H, Badre G. 2020. Investigating the Putative Impact of Odors Purported to Have Beneficial Effects on Sleep: Neural and Perceptual Processes. *Chemosens Percept*, 13(2):93–105 DOI: 10.1007/s12078-019-09269-5.
- Alaoui-Ismaïli O, Robin O, Rada H, Dittmar A, Vernet-Maury E. 1997. Basic emotions evoked by odorants: Comparison between autonomic responses and self-evaluation. *Physiol Behav*, 62(4):713–720 DOI: 10.1016/S0031-9384(97)90016-0.
- Arzi A, Holtzman Y, Samnon P, Eshel N, Harel E, Sobel N. 2014. Olfactory aversive conditioning during sleep reduces cigarette-smoking behavior. *J Neurosci*, 34(46):15382–15393 DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2291-14.2014.
- Baddeley A. 2003. Working memory: looking back and looking forward. *Nat Rev Neurosci*, 4(10):829–839 DOI: 10.1038/nrn1201.
- Badia P, Wesensten N, Lammers W, Culpepper J, Harsh J. 1990. Responsiveness to olfactory stimuli presented in sleep. *Physiol Behav*, 48(1):87–90 DOI: 10.1016/0031-9384(90)90266-7.
- Bjelland I, Dahl AA, Haug TT, Neckelmann D. 2002. The validity of the Hospital Anxiety and Depression Scale: an updated literature review. *J Psychosom Res*, 52(2):69–77 DOI: 10.1016/S0022-3999(01)00296-3.
- Borkenau P, Ostendorf F. 2008. NEO-Fünf-Faktoren-Inventar nach Costa und McCrae. 2. Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG, Göttingen.
- Bowie CR, Harvey PD. 2006. Administration and interpretation of the Trail Making Test. *Nat Protoc*, 1(5):2277–2281 DOI: 10.1038/nprot.2006.390.
- Brickenkamp R, Schmidt-Atzert L, Liepmann D. 2010. d2-R Test d2-Revision Aufmerksamkeits- und KONzentrationstest. Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG, Göttingen.
- Carskadon MA, Herz RS. 2004. Minimal Olfactory Perception During Sleep: Why Odor Alarms Will Not Work for Humans. *Sleep*, 27(3):402–405.
- Cherninskii AA, Piskorskaya NG, Zima IG, Krizhanovskii SA, Makarchouk NY. 2010. Individual/typological peculiarities of EEG rearrangements in humans related to the analysis of olfactory information: role of extroversion/ introversion. *Neurophysiology*,

- 42(1):63–69 DOI: 10.1007/s11062-010-9132-x.
- Claessen MHG, Van Der Ham IJM, Van Zandvoort MJE. 2015. Computerization of the standard corsi block-tapping task affects its underlying cognitive concepts: A pilot study. *Appl Neuropsychol Adult*, 22(3):180–188 DOI: 10.1080/23279095.2014.892488.
- Croy I, Buschhüter D, Seo HS, Negoias S, Hummel T. 2010. Individual significance of olfaction: development of a questionnaire. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*, 267(1):67–71 DOI: 10.1007/s00405-009-1054-0.
- Croy I, Hummel T. 2017. Olfaction as a marker for depression. *J Neurol*, 264(4):631–638 DOI: 10.1007/s00415-016-8227-8.
- Damm M, Pikart LK, Reimann H, Burkert S, Göktas Ö, Haxel B, Frey S, Charalampakis I, Beule A, Renner B, Hummel T, Hüttenbrink KB. 2014. Olfactory training is helpful in postinfectious olfactory loss: a randomized, controlled, multicenter study. *Laryngoscope*, 124(4):826–831 DOI: 10.1002/lary.24340.
- Daseking M, Putz D. 2015. TBS-TK Rezension: »Test d2-R. Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest«. *Rep Psychol*:323–324.
- Diego MA, Jones NA, Field T, Hernandez-Reif M, Schanberg S, Kuhn C, Mcadam V, Galamaga R, Galamaga M. 1998. Aromatherapy positively affects mood, EEG patterns of alertness and math computations. *Int J Neurosci*, 96(3–4):217–224 DOI: 10.3109/00207459808986469.
- Doty RL, Kamath V. 2014. The influences of age on olfaction: A review. *Front Psychol*, 5:20 DOI: 10.3389/fpsyg.2014.00020.
- Farrell Pagulayan K, Busch R, Medina K, Bartok J, Krikorian R. 2006. Developmental normative data for the Corsi Block-Tapping task. *J Clin Exp Neuropsychol*, 28(6):1043–1052 DOI: 10.1080/13803390500350977.
- Fitzek M, Patel PK, Solomon PD, Lin B, Hummel T, Schwob JE, Holbrook EH. 2022. Integrated age-related immunohistological changes occur in human olfactory epithelium and olfactory bulb. *J Comp Neurol* DOI: 10.1002/cne.25325.
- Frasnelli J, Lundström JN, Boyle JA, Djordjevic J, Zatorre RJ, Jones-Gotman M. 2010. Neuroanatomical correlates of olfactory performance. *Exp brain Res*, 201(1):1–11 DOI: 10.1007/s00221-009-1999-7.
- Geißler K, Reimann H, Gudziol H, Bitter T, Guntinas-Lichius O. 2014. Olfactory training for



- patients with olfactory loss after upper respiratory tract infections. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*, 271(6):1557–1562 DOI: 10.1007/s00405-013-2747-y.
- Goel N, Kim H, Lao RP. 2005. An olfactory stimulus modifies nighttime sleep in young men and women. *Chronobiol Int*, 22(5):889–904 DOI: 10.1080/07420520500263276.
- Goel N, Lao RP. 2006. Sleep changes vary by odor perception in young adults. *Biol Psychol*, 71(3):341–349 DOI: 10.1016/j.biopsycho.2005.07.004.
- Gottfried JA. 2006. Smell: Central Nervous Processing. In: Hummel T, Welge-Lüssen A (Hrsg) *Taste and Smell*. Karger, S. 44–69.
- Haehner A, Tosch C, Wolz M, Klingelhofer L, Fauser M, Storch A, Reichmann H, Hummel T. 2013. Olfactory Training in Patients with Parkinson's Disease. *PLoS One*, 8(4):1–7 DOI: 10.1371/journal.pone.0061680.
- Harkema JR, Carey SA, Wagner JG. 2006. The Nose Revisited: A Brief Review of the Comparative Structure, Function, and Toxicologic Pathology of the Nasal Epithelium. *Toxicol Pathol*, 34(3):252–269 DOI: 10.1080/01926230600713475.
- Hedner M, Larsson M, Arnold N, Zucco GM, Hummel T. 2010. Cognitive factors in odor detection, odor discrimination, and odor identification tasks. *J Clin Exp Neuropsychol*, 32(10):1062–1067 DOI: 10.1080/13803391003683070.
- Hengl T, Kaneko H, Dauner K, Vocke K, Frings S, Möhrlein F. 2010. Molecular components of signal amplification in olfactory sensory cilia. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 107(13):6052–6057 DOI: 10.1073/pnas.0909032107.
- Herrmann C. 1997. International experiences with the hospital anxiety and depression scale - A review of validation data and clinical results. *J Psychosom Res*, 42(1):17–41 DOI: 10.1016/S0022-3999(96)00216-4.
- Herz RS. 2009. Aromatherapy facts and fictions: A scientific analysis of olfactory effects on mood, physiology and behavior. *Int J Neurosci*, 119(2):263–290 DOI: 10.1080/00207450802333953.
- Hick C, Hick A. 2013. *Kurzlehrbuch Physiologie*. 7. Elsevier GmbH, München.
- Hirokawa K, Nishimoto T, Taniguchi T. 2012. Effects of lavender aroma on sleep quality in healthy Japanese students. *Percept Mot Skills*, 114(1):111–122 DOI: 10.2466/13.15.PMS.114.1.111-122.
- Hummel T, Knecht M, Kobal G. 1996. Peripherally obtained electrophysiological responses

- to olfactory stimulation in man: electro-olfactograms exhibit a smaller degree of desensitization compared with subjective intensity estimates. *Brain Res*, 717(1–2):160–164 DOI: 10.1016/0006-8993(96)00094-7.
- Hummel T, Kobal G, Gudziol H, Mackay-Sim A. 2007. Normative data for the „Sniffin“ Sticks“ including tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds: An upgrade based on a group of more than 3,000 subjects“. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*, 264(3):237–243 DOI: 10.1007/s00405-006-0173-0.
- Hummel T, Sekinger B, Wolf SR, Pauli E, Kobal G. 1997. „Sniffin“ sticks‘. Olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold. *Chem Senses*, 22(1):39–52 DOI: 10.1093/chemse/22.1.39.
- Hutchison IC, Rathore S. 2015. The role of REM sleep theta activity in emotional memory. *Front Psychol*, 6:1439 DOI: 10.3389/fpsyg.2015.01439.
- Iannilli E, Broy F, Kunz S, Hummel T. 2017. Age-related changes of gustatory function depend on alteration of neuronal circuits. *J Neurosci Res*, 95(10):1927–1936 DOI: 10.1002/jnr.24071.
- Jasper HH. 1958. The ten-twenty electrode system of the International Federation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 10:370–375 DOI: 10.1213/00000539-192801000-00096.
- Kessels RPC, Zandvoort MJE Van, Postma A, Kappelle LJ, Haan EHF De. 2000. The Corsi block-tapping task : standardization and normative data. *Appl Neuropsychol*, 7(4):252–258 DOI: 10.1207/S15324826AN0704\_8.
- Kiecolt-Glaser J, Graham J, Malarkey W, Porter K, Lemeshow S, Glaser R. 2014. Olfactory Influences on Mood and Autonomic, Endocrine, and Immune Function. *Bone*, 23(1):1–7 URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3624763/pdf/nihms412728.pdf>.
- Klimesch W. 1999. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis. *Brain Res Rev*, 29(2–3):169–195 DOI: 10.1016/S0165-0173(98)00056-3.
- Klinzing JG, Kugler S, Soekadar SR, Rasch B, Born J, Diekelmann S. 2018. Odor cueing during slow-wave sleep benefits memory independently of low cholinergic tone. *Psychopharmacology (Berl)*, 235(1):291–299.
- Knudsen K, Flensburg Damholdt M, Mouridsen K, Borghammer P. 2015. Olfactory function in

- Parkinson's Disease - effects of training. *Acta Neurol Scand*, 132(6):395–400 DOI: 10.1111/ane.12406.
- Kobal G, Hummel C. 1988. Cerebral chemosensory evoked potentials elicited by chemical stimulation of the human olfactory and respiratory nasal mucosa. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Evoked Potentials*, 71(4):241–250 DOI: 10.1016/0168-5597(88)90023-8.
- Kobal G, Klimek L, Wolfensberger M, Gudziol H, Temmel A, Owen CM, Seeber H, Pauli E, Hummel T. 2000. Multicenter investigation of 1,036 subjects using a standardized method for the assessment of olfactory function combining tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*, 257(4):205–211 DOI: 10.1007/s004050050223.
- Kontaris I, East BS, Wilson DA. 2020. Behavioral and Neurobiological Convergence of Odor, Mood and Emotion: A Review. *Front Behav Neurosci*, 14:1–15 DOI: 10.3389/fnbeh.2020.00035.
- Kortte KB, Horner MD, Windham WK. 2002. The trail making test, Part B: Cognitive flexibility or ability to maintain set? *Appl Neuropsychol*, 9(2):106–109 DOI: 10.1207/S15324826AN0902\_5.
- Kuroda K, Inoue N, Ito Y, Kubota K, Sugimoto A, Kakuda T, Fushiki T. 2005. Sedative effects of the jasmine tea odor and (R)-(-)-linalool, one of its major odor components, on autonomic nerve activity and mood states. *Eur J Appl Physiol*, 95(2):107–114 DOI: 10.1007/s00421-005-1402-8.
- Larsson M, Finkel D, Pedersen NL. 2000. Odor identification: Influences of age, gender, cognition, and personality. *Journals Gerontol Ser B Psychol Sci Soc Sci*, 55(5):304–310 DOI: 10.1093/geronb/55.5.P304.
- Leary EB, Watson KT, Ancoli-Israel S, Redline S, Yaffe K, Ravelo LA, Peppard PE, Zou J, Goodman SN, Mignot E, Stone KL. 2020. Association of Rapid Eye Movement Sleep with Mortality in Middle-aged and Older Adults. *JAMA Neurol*, 77(10):1241–1251 DOI: 10.1001/jamaneurol.2020.2108.
- Lehrner J, Marwinski G, Lehr S, Jöhren P, Deecke L. 2005. Ambient odors of orange and lavender reduce anxiety and improve mood in a dental office. *Physiol Behav*, 86(1–2):92–95 DOI: 10.1016/j.physbeh.2005.06.031.
- Lillehei AS, Halcon LL. 2014. A systematic review of the effect of inhaled essential oils on sleep. *J Altern Complement Med*, 20(6):441–451 DOI: 10.1089/acm.2013.0311.

- Lorig TS, Schwartz GE. 1988. Brain and odor: I. Alteration of human EEG by odor administration. *Psychobiology*, 16(3):281–284 DOI: 10.3758/BF03327318.
- St. Louis E, Frey L, Britton J, Hopp J, Korb P, Koubeissi M, Lievens W, Pestana-Knight E. 2016. *Electroencephalography (EEG): An Introductory Text and Atlas of Normal and Abnormal Findings in Adults, Children, and Infants*. DOI: 10.5698/978-0-9979756-0-4.
- Manzini I, Schild D, Di Natale C. 2022. Principles of odor coding in vertebrates and artificial chemosensory systems. *Physiol Rev*, 102(1):61–154.
- Martin GN. 1998. Human electroencephalographic (EEG) response to olfactory stimulation: Two experiments using the aroma of food. *Int J Psychophysiol*, 30(3):287–302 DOI: 10.1016/S0167-8760(98)00025-7.
- Matsubara E, Fukagawa M, Okamoto T, Ohnuki K, Shimizu K, Kondo R. 2011. The essential oil of *Abies sibirica* (Pinaceae) reduces arousal levels after visual display terminal work. *Flavour Fragr J*, 26(3):204–210 DOI: 10.1002/ffj.2056.
- Matsubara E, Kawai S. 2014. VOCs emitted from Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) interior walls induce physiological relaxation. *Build Environ*, 72:125–130 DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.10.023.
- Mayer K, Wyckoff SN, Fallgatter AJ, Ehlis AC, Strehl U. 2015. Neurofeedback as a nonpharmacological treatment for adults with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 16(1):1–14 DOI: 10.1186/s13063-015-0683-4.
- 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 DOI: 10.1080/00207450390161903.
- Nakazaki C, Noda A, Koike Y, Yamada S, Murohara T, Ozaki N. 2012. Association of insomnia and short sleep duration with atherosclerosis risk in the elderly. *Am J Hypertens*, 25(11):1149–1155 DOI: 10.1038/ajh.2012.107.
- Negoias S, Croy I, Gerber J, Puschmann S, Petrowski K, Joraschky P, Hummel T. 2010. Reduced olfactory bulb volume and olfactory sensitivity in patients with acute major depression. *Neuroscience*, 169(1):415–421 DOI: 10.1016/j.neuroscience.2010.05.012.
- Ni R, Michalski MH, Brown E, Doan N, Zinter J, Ouellette NT, Shepherd GM. 2015. Optimal directional volatile transport in retronasal olfaction. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 112(47):14700–14704 DOI: 10.1073/pnas.1511495112.

- Öberg C, Larsson M, Bäckman L. 2002. Differential sex effects in olfactory functioning: the role of verbal processing. *J Int Neuropsychol Soc*, 8(5):691–698 DOI: 10.1017/S1355617702801424.
- Olejniczak P. 2006. Neurophysiologic basis of EEG. *J Clin Neurophysiol*, 23(3):186–189 DOI: 10.1097/01.wnp.0000220079.61973.6c.
- Oleszkiewicz A, Heyne L, Sienkiewicz-Oleszkiewicz B, Cuevas M, Haehner A, Hummel T. 2021. Odours count: human olfactory ecology appears to be helpful in the improvement of the sense of smell. *Sci Rep*, 11(1):1–10 DOI: 10.1038/s41598-021-96334-3.
- Oleszkiewicz A, Schriever VA, Croy I, Hähner A, Hummel T. 2019. Updated Sniffin' Sticks normative data based on an extended sample of 9139 subjects. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology*, 276(3):719–728 DOI: 10.1007/s00405-018-5248-1.
- Peever J, Fuller PM. 2017. The Biology of REM Sleep. *Curr Biol*, 27(22):R1237–R1248 DOI: 10.1016/j.cub.2017.10.026.
- Pellegrino R, Han P, Reither N, Hummel T. 2019. Effectiveness of olfactory training on different severities of posttraumatic loss of smell. *Laryngoscope*, 129(8):1737–1743 DOI: 10.1002/lary.27832.
- Pinto RJC, Xavier IPPP, Calado MDRA, Mariano SJPS. 2014. Analysis of the human reaction to odors using electroencephalography responses. In: *World Congress in Engineering*. , London.
- Raudenbush B, Koon J, Smith J, Zoladz P. 2003. Effects of odorant administration on objective and subjective measures of sleep quality, post-sleep mood and alertness, and cognitive performance. *N Am J Psychol*, 5(2):181–192.
- Ridgeway D. 2006. Strategic grouping in the spatial span memory task. *Memory*, 14(8):990–1000 DOI: 10.1080/09658210601010797.
- Rihm JS, Diekelmann S, Born J, Rasch B. 2014. Reactivating Memories during Sleep by Odors: Odor Specificity and Associated Changes in Sleep Oscillations. *J Cogn Neurosci*, 26(8):1806–1818 DOI: 10.1162/jocn.
- Rumeau C, Nguyen DT, Jankowski R. 2016. How to assess olfactory performance with the Sniffin' Sticks test®. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis*, 133(3):203–206 DOI: 10.1016/j.anorl.2015.08.004.
- Salihoğlu M, Kendirli MT, Altundağ A, Tekeli H, Sağlam M, Cayönü M, Özdağ F. 2014. The

- Effect of Obstructive Sleep Apnea on Olfactory Functions. *Laryngoscope*, 124(9):2190–2194 DOI: 10.1002/lary.24565.
- Schäfer L, Schellong J, Hähner A, Weidner K, Hüttenbrink K-B, Trautmann S, Hummel T, Croy I. 2019. Nocturnal Olfactory Stimulation for Improvement of Sleep Quality in Patients With Posttraumatic Stress Disorder : A Randomized Exploratory Intervention Trial. *J Trauma Stress*, 32(1):130–140 DOI: 10.1002/jts.22359.
- Schredl M, Atanasova D, Hörmann K, Maurer JT, Hummel T, Stuck BA. 2009a. Dreams and smell of roses Information processing during sleep : the effect of olfactory stimuli on dream content and dream emotions. *J Sleep Res*, 18(3):285–290 DOI: 10.1111/j.1365-2869.2009.00737.x.
- Schredl M, Atanasova D, Hörmann K, Maurer JT, Hummel T, Stuck BA. 2009b. Information processing during sleep: The effect of olfactory stimuli on dream content and dream emotions. *J Sleep Res*, 18(3):285–290 DOI: 10.1111/j.1365-2869.2009.00737.x.
- Schreiner L, Karacan B, Blankenagel S, Packhaeuser K, Freiherr J, Loos HM. 2020. Out of the woods: psychophysiological investigations on wood odors to estimate their suitability as ambient scents. *Wood Sci Technol*, 54(5):1385–1400 DOI: 10.1007/s00226-020-01216-y.
- Schünke M, Schulte E, Schumacher U. 2012. *Kopf, Hals und Neuroanatomie. 3., überar.* Georg Thieme Verlag.
- Shanahan LK, Gottfried JA. 2014. *Olfactory Insights into Sleep-Dependent Learning and Memory.* 1. Aufl. Elsevier B.V. DOI: 10.1016/B978-0-444-63350-7.00012-7.
- Snaith RP. 2003. The hospital anxiety and depression scale. *Health Qual Life Outcomes*, 1(1):29 DOI: 10.1186/1477-7525-1-29.
- Sorokowska A, Drechsler E, Karwowski M, Hummel T. 2017. Effects of olfactory training: A meta-analysis. *Rhinology*, 55(1):17–26 DOI: 10.4193/Rhino16.195.
- Spiegelhalder K, Scholtes C, Riemann D. 2010. The association between insomnia and cardiovascular diseases. *Nat Sci Sleep*, 2:71–78 DOI: 10.2147/nss.s7471.
- Stuck BA, Stieber K, Frey S, Freiburg C, Hörmann K, Maurer JT, Hummel T. 2007. Arousal Responses to Olfactory or Trigeminal Stimulation During Sleep. *Sleep*, 30(4):506–510.
- Van Toller S, Behan J, Howells P, Kendal-Reed M, Richardson A. 1993. An analysis of spontaneous human cortical EEG activity to odours. *Chem Senses*, 18(1):1–16 DOI:

10.1093/chemse/18.2.226.

Tombaugh TN. 2004. Trail Making Test A and B: Normative data stratified by age and education. *Arch Clin Neuropsychol*, 19(2):203–214 DOI: 10.1016/S0887-6177(03)00039-8.

Wegener B-A, Croy I, Hähner A, Hummel T. 2018. Olfactory training with older people. *Int J Geriatr Psychiatry*, 33(1):212–220 DOI: 10.1002/gps.4725.

Weicker J, Hudl N, Thöne-Otto A. 2017. „Was misst eigentlich die Blockspanne?“-Der Goldstandard im fokus. *Zeitschrift für Neuropsychol*, 28(1):45–54 DOI: 10.1024/1016-264X/a000194.

Wilson DA, Stevenson RJ. 2006. Learning to smell: olfactory perception from neurobiology to behavior. JHU Press, Baltimore.

Yato Y, Hirose S, Wallon P, Mesmin C, Jobert M. 2019. d2-R test for Japanese adolescents: Concurrent validity with the attention deficit-hyperactivity disorder rating scale. *Pediatr Int*, 61(1):43–48 DOI: 10.1111/ped.13735.

Yazdani A, Kroupi E, Vesin JM, Ebrahimi T. 2012. Electroencephalogram alterations during perception of pleasant and unpleasant odors. 2012 4th Int Work Qual Multimed Exp:272–277 DOI: 10.1109/QoMEX.2012.6263860.

Zigmond, Anthony S, Snaith. RP. 1983. The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatr Scand*, 67(6):361–370.

# Anhang

## Fragebögen

### Bedeutung der Geruchswahrnehmung

In diesem Fragebogen geht es um die Bedeutung des Geruchssinns in Ihrem täglichen Leben. Bitte beurteilen Sie alle Aussagen möglichst spontan, es gibt keine richtigen oder falschen Antworten.

die Aussage trifft zu	vollkommen	überwiegend	eher nicht	nicht
Der Geruch einer Person entscheidet mit darüber, ob er/ sie mir sympathisch ist.				
Ich beurteile, ob Lebensmittel verdorben sind, indem ich an Ihnen rieche.				
Ich schnuppere an Speisen, ehe ich sie esse.				
Stellen Sie sich vor, Sie besuchen ein Museum. Es wird angeboten, für den Aufpreis von 2,00 € zusätzlich Geruchsdarbietungen zu erhalten, die den Gesamteindruck unterstreichen. Würden Sie sich für dieses Angebot entscheiden?				
Wenn der Geruch eines Shampoos mir nicht gefällt, kaufe ich es nicht.				
Wenn ich etwas Leckerer zu Essen rieche, bekomme ich Hunger.				
Ohne Geruchssinn wäre mein Leben nicht mehr lebenswert.				
Ich versuche herauszufinden, wo ein Geruch herkommt, wenn ich auf der Straße Rauch rieche.				
Ich fühle mich schnell durch Gerüche in meiner Umgebung gestört.				
Bestimmte Gerüche lösen bei mir sofort eine Menge von Erinnerungen aus.				
Ehe ich Kaffee/Tee trinke, atme ich bewusst den Geruch ein.				



Beim Kauf von Tomaten achte ich auf deren Geruch.				
Wenn mein Partner unangenehm riecht, vermeide ich es, ihn zu küssen.				
Bestimmte Gerüche lösen bei mir starke Gefühle aus.				
Ich rieche an meiner Kleidung, um festzustellen, ob sie gewaschen werden muss.				
Wenn es im Zimmer eines Arbeitskollegen unangenehm riecht, verlasse ich den Raum möglichst schnell				
Bestimmte Gerüche können meine Phantasie anregen.				
Es ist mir wichtiger, riechen zu können, als sehen oder hören zu können.				
Manchmal rieche ich an einer Person in meinem Umkreis (z.B. mein Partner/ mein Kind), um festzustellen, ob sie getrunken oder geraucht hat.				
An gut riechenden Kerzen kann ich im Laden nicht vorbei gehen, ohne mir eine zu kaufen.				

### questionnaire: significance of smell perception

This questionnaire is about the importance of the sense of smell in your daily life. Please evaluate all statements as spontaneously as possible, there are no right or wrong answers.

the statement is true	completely	predominantly	rather not	not at all
The smell of a person decides whether he/she is sympathetic for me.				
I judge food whether it's gone bad by smelling it.				
I sniff food before I eat it.				
Imagine you are in a museum. There is an offer to receive odor performances, that underline the overall impression, for additional 2€. Would you do that?				

When I don't like the smell of a shampoo, I won't buy it.				
When I smell something delicious to eat, I get hungry.				
Without sense of smell, my life would not be worth living.				
I am trying to identify where a smell comes from when I smell smoke on the street.				
I feel easily disturbed by odors in my environment.				
Certain odors immediately trigger a lot of memories for me.				
Before I drink coffee / tea, I consciously inhale the smell.				
When buying tomatoes, I pay attention to their smell.				
If my partner smells unpleasant, I avoid kissing him/her.				
Certain odors trigger strong feelings for me.				
I smell my clothes to see if they need to be washed.				
When it smells unpleasantly in the room of a colleague, I leave the room as quickly as possible				
Certain odors can stimulate my imagination.				
It is more important to me to be able to smell than to see or hear.				
Sometimes I smell a person around me (e.g., my partner/child) to see if they've been drinking or smoking.				
I cannot pass by good-smelling candles in the shop without buying one.				

## Schlafstagebücher

### Schlafstagebuch – deutsche Version

Datum		
	Wann sind Sie eingeschlafen?	Wann sind Sie aufgewacht?
	Eingeschlafen um:	Aufgewacht um:
	Wie schnell sind Sie eingeschlafen?	

	<input type="checkbox"/> 0 ich weiß nicht	<input type="checkbox"/> 2 sofort	<input type="checkbox"/> 1 nach kurzer Zeit	<input type="checkbox"/> -1 nach einiger Zeit	<input type="checkbox"/> -2 sehr lange nicht
	Sind Sie nachts aufgewacht?				
	<input type="checkbox"/> 0 ich weiß nicht	<input type="checkbox"/> 2 nein	<input type="checkbox"/> 1 einmal	<input type="checkbox"/> -1 mehrmals	<input type="checkbox"/> -2 andauernd
	Sind Sie nachts aufgestanden?				
	<input type="checkbox"/> 0 ich weiß nicht	<input type="checkbox"/> 2 nein	<input type="checkbox"/> 1 einmal	<input type="checkbox"/> -1 mehrmals	<input type="checkbox"/> -2 andauernd
	Wie gut haben Sie geschlafen?				
	<input type="checkbox"/> 2 ausgezeichnet	<input type="checkbox"/> 1 gut	<input type="checkbox"/> 0 nicht so gut	<input type="checkbox"/> -1 schlecht	<input type="checkbox"/> -2 sehr schlecht
	Haben Sie geträumt?				
	<input type="checkbox"/> 0 ich weiß nicht	<input type="checkbox"/> 1 ja, irgend etwas	<input type="checkbox"/> 2 ja, sehr angenehm	<input type="checkbox"/> -1 ja, nicht sehr angenehm	<input type="checkbox"/> -2 ja, es war ein Alptraum
	Wie erholt sind Sie aufgewacht?				
	<input type="checkbox"/> 2 sehr erholt	<input type="checkbox"/> 1 gut erholt	<input type="checkbox"/> 0 einigermaßen erholt	<input type="checkbox"/> -1 nicht erholt	<input type="checkbox"/> -2 ich bin „wie erschlagen“
	Wie viele Stunden haben Sie geschlafen?				
	<input type="checkbox"/> -2 0-4	0 <input type="checkbox"/> 4-6	2 <input type="checkbox"/> 6-8	1 <input type="checkbox"/> 8-10	-1 <input type="checkbox"/> 10-12
	Haben Sie gestern tagsüber geschlafen?				
	0 <input type="checkbox"/> Nein	2 <input type="checkbox"/> < 0,5 Stunde	1 <input type="checkbox"/> 0,5-1 Stunde	-1 <input type="checkbox"/> 1-2 Stunden	-2 <input type="checkbox"/> > 2 Stunden
	gestrige körperliche Aktivität				
	<input type="checkbox"/> -2 viel weniger	<input type="checkbox"/> -1 weniger	<input type="checkbox"/> 0 NORMAL	<input type="checkbox"/> 1 mehr	<input type="checkbox"/> 2 viel mehr

Sonstige Besonderheiten:

**Schlafstagebuch – englische Version**

date	
	When did you fall asleep?                      When did you wake up?

	fall asleep at:		woke up at:		
	How fast did you fall asleep?				
<input type="checkbox"/> <b>0</b>	<input type="checkbox"/> <b>2</b>	<input type="checkbox"/> <b>1</b>	<input type="checkbox"/> <b>-1</b>	<input type="checkbox"/> <b>-2</b>	
I don't know	right away	after a short amount of time	after some time	not for a long time	
	Did you wake up?				
<input type="checkbox"/> <b>0</b>	<input type="checkbox"/> <b>2</b>	<input type="checkbox"/> <b>1</b>	<input type="checkbox"/> <b>-1</b>	<input type="checkbox"/> <b>-2</b>	
I don't know	no	once	multiple times	constantly	
	Did you get up?				
<input type="checkbox"/> <b>0</b>	<input type="checkbox"/> <b>2</b>	<input type="checkbox"/> <b>1</b>	<input type="checkbox"/> <b>-1</b>	<input type="checkbox"/> <b>-2</b>	
I don't know	no	once	multiple times	constantly	
	How was your sleep?				
<input type="checkbox"/> <b>2</b>	<input type="checkbox"/> <b>1</b>	<input type="checkbox"/> <b>0</b>	<input type="checkbox"/> <b>-1</b>	<input type="checkbox"/> <b>-2</b>	
excellent	good	not so good	bad	very bad	
	Were you dreaming?				
<input type="checkbox"/> <b>0</b>	<input type="checkbox"/> <b>1</b>	<input type="checkbox"/> <b>2</b>	<input type="checkbox"/> <b>-1</b>	<input type="checkbox"/> <b>-2</b>	
I don't know	yes, something	yes, very pleasantly	yes, not very pleasantly	yes, it was a nightmare	
	How well rested did you get up?				
<input type="checkbox"/> <b>2</b>	<input type="checkbox"/> <b>1</b>	<input type="checkbox"/> <b>0</b>	<input type="checkbox"/> <b>-1</b>	<input type="checkbox"/> <b>-2</b>	
very well	well	quite	not well	I feel exhausted	
	How many hours did you sleep?				
<input type="checkbox"/> <b>-2</b>	<b>0</b> <input type="checkbox"/>	<b>2</b> <input type="checkbox"/>	<b>1</b> <input type="checkbox"/>	<b>-1</b> <input type="checkbox"/>	
0-4	4-6	6-8	8-10	10-12	
	Did you take a nap yesterday?				
<b>0</b> <input type="checkbox"/>	<b>2</b> <input type="checkbox"/>	<b>1</b> <input type="checkbox"/>	<b>-1</b> <input type="checkbox"/>	<b>-2</b> <input type="checkbox"/>	
no	< 0,5 hour	0,5-1 hour	1-2 hours	> 2 hours	
	yesterday's physical activity				
<input type="checkbox"/> <b>-2</b>	<b>-1</b> <input type="checkbox"/>	<b>0</b> <input type="checkbox"/>	<b>1</b> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <b>2</b>	
much less	less	NORMAL	more	much more	

other special features:

## Tabellen

### Tabelle 1

Tabelle 1: EEG-Wellenformen.

Wellenform	Frequenzbereich	Charakteristika
<b>Alpha</b>	8-13 Hz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Wachzustand, bei geschlossenen Augen</li> <li>• Assoziiert mit leichter Entspannung</li> </ul>
<b>Beta</b>	14-30 Hz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Wachzustand, bei geöffneten Augen</li> <li>• Bei 8% Normvariante</li> <li>• Aktive Konzentration</li> </ul>
<b>Theta</b>	4-7 Hz	Einschlafphase
<b>Delta</b>	0,3 -3,5 Hz	Tiefschlafphase
<b>Gamma</b>	> 30 Hz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Starke Konzentration</li> <li>• Lernprozesse</li> <li>• Meditation</li> </ul>

### Tabelle 2

Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien der Studie.

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
<b>Mindestens 18 Jahre alt</b>	Schwangerschaft und Stillzeit
<b>Freiwillige Teilnahme</b>	Wesentliche gesundheitliche Beeinträchtigungen, die mit einer herabgesetzten olfaktorischen Funktion einhergehen (z.B. Morbus Parkinson, Niereninsuffizienz)
<b>Normales Riechvermögen</b>	Rauchen (mehr als fünf Zigaretten pro Woche)
	Unregelmäßiger Nachtschlaf (z.B. Schichtdienst)

### Tabelle 3

Tabelle 3: Antwortmöglichkeiten des Identifikationstests.

Die richtigen Antworten wurden fett gedruckt. Die gelb markierten Wörter sind die Antworten eines Probanden. Der Identifikationswert dieses Probanden beträgt 14 von 16 möglichen Punkten.

Riechstift-Nr.	Antwortmöglichkeiten			
1	Ananas	Brombeere	Erdbeere	<b>Orange</b>

2	Rauch	Klebstoff	<b>Schuhleder</b>	Gras
3	Honig	<b>Zimt</b>	Schokolade	Vanille
4	<b>Pfefferminz</b>	Schnittlauch	Fichte	Zwiebel
5	<b>Banane</b>	Kokos	Walnuss	Kirsche
6	Pfirsich	<b>Zitrone</b>	Apfel	<b>Grapefruit</b>
7	Kaugummi	Gummibärchen	<b>Lakritz</b>	Kekse
8	Senf	Gummi	Menthol	<b>Terpentin</b>
9	Zwiebel	Sauerkraut	Möhren	<b>Knoblauch</b>
10	Zigarette	Wein	<b>Kaffee</b>	Kerzenrauch
11	<b>Melone</b>	<b>Apfel</b>	Orange	Pfirsich
12	<b>Gewürznelke</b>	Pfeffer	Zimt	Senf
13	<b>Ananas</b>	Pflaume	Pfirsich	Birne
14	Kamille	<b>Rose</b>	Himbeere	Kirsche
15	Honig	Rum	<b>Anis</b>	Fichte
16	Brot	Schinken	Käse	<b>Fisch</b>

## Tabelle 4

Tabelle 4: Dokumentation der Antworten des Diskriminationstests.

Ein „x“ repräsentiert eine richtige Antwort, ein „-“ eine falsche. Der Diskriminationswert beträgt also 14 von 16 möglichen Punkten.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Rot</b>								-								
<b>Grün</b>	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x
<b>Blau</b>		-														

## Tabelle 5

Tabelle 5: Dokumentation Schwellentest.

Die Pfeile in der ersten Zeile signalisieren eine auf(↑)- oder absteigende (↓) Konzentration. In Spalten mit ↑ wurde stetig die nächststärkere Konzentration gewählt, bis dieselbe Konzentration zweimal hintereinander identifiziert wurde. In der Tabelle anhand „xx“ zu erkennen. Anschließend wurde die nächstschwächere Konzentration genommen, zu erkennen an den Spalten mit ↓. In dieser Spalte setzte sich die Testung so lange fort, bis der Proband einen Fehler machte. Gekennzeichnet mittels „-“. Ein „xx“, „x-“, oder „-“ wird als Wendepunkt bezeichnet. Die Wendepunkte der Spalten fünf bis acht sind jeweils rot umkreist. Der Schwellenwert wird durch Bildung des Durchschnittes dieser gebildet. Ausgehend von den Wendepunkten in Tabelle 5 beträgt  $T = \frac{9+7+8+7}{4} = 7,75$ .

Riechstift-Nr.	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
1							
2							
3							
4							
5	x x						
6		x x					
7	x-	x x	x x		x x		x x
8		x -		x x	x -	x -	
9	x-			-			
10							
11	-						
12							
13	-						
14							
15	x-						
16							

Tabelle 6

Tabelle 6: Beschreibungen der Kennwerte des d2R-Tests.

Kennwert	Beschreibung
<b>BZO</b>	Anzahl bearbeiteter Zielobjekte: das letzte angestrichene Zielobjekt ( <i>d</i> mit zwei Strichen) pro Zeile (summiert über alle Zeilen)
<b>AF</b>	Auslassungsfehler: übersehene bzw. ausgelassene Zielobjekte (bis zum letzten angestrichenen Zielobjekt; falsch negative)
<b>VF</b>	Verwechslungsfehler: irrtümlich angestrichene Zielobjekte (falsch positive).
<b>KL</b>	Konzentrationsleistung: Anzahl entdeckter (durchgestrichener) Zielobjekte minus Anzahl Verwechslungsfehler (BZO - AF - VF).
<b>F%</b>	Fehlerprozent: relative Fehlerhäufigkeit bei der Bearbeitung ( $100 \times (AF + VF) / BZO$ )

## Tabelle 7

Tabelle 7: deskriptive Statistik ausgewählter Daten der Sitzungen.

	N	$\bar{x}$	SD
Alter (Jahre)	139	28,95	± 9,62
BMI	139	23,88	± 4,38
1. T gesamt	139	6,36	± 2,58
1. T Placebogruppe	44	7,22	± 2,03
1. T Orangegruppe	33	6,27	± 2,51
1. T Sleepimpgruppe	31	5,66	± 2,49
1. T Laurinalgruppe	31	5,96	± 3,18
1. D	139	13,34	± 1,63
1. I	139	14,01	± 1,14
1. TDI	139	33,72	± 3,73
Tdiff_2	137	0,68	± 2,41
Idiff_2	137	0,17	± 1,11
Tdiff_3	134	0,96	± 2,46
Idiff_3	134	0,26	± 1,21
Gesamt Geruchswahrnehmung	139	34,53	± 6,66
Gesamt NEO-FFI	138	146,26	± 15,63
1. HADS A	119	5,44	± 2,90
1. HADS D	119	2,52	± 2,29
HADS_A_2diff	119	-0,12	± 2,5
HADS_D_2diff	119	0,18	± 1,93
HADS_A_3diff	118	0,14	± 2,79
HADS_D_3diff	118	0,11	± 1,99
1. TMT	139	53,40	± 24,00
TMT2_diff	136	-9,41	± 20,38
TMT3_diff	134	-14,35	± 18,69
1. Corsi Gesamtwert	131	58,24	± 25,82
Geruchsbewertung	117	7,16	± 1,77
Besser ohne Clip	66	0,52	± 2,16



## Tabelle 8

Tabelle 8: deskriptive Daten der Schlafphasen während der Duftexposition.

Duftexposition	Duftgruppen			Placebo		
	N	$\bar{x}$	SD	N	$\bar{x}$	SD
Nacht4_o_Schlafend	39	406,67	± 56,55	25	398,77	± 58,90
Nacht4_o_Wach	39	43,43	± 18,55	25	60,01	± 41,03
Nacht4_o_im Bett	89	459,65	± 56,05	44	465,65	± 54,35
Nacht4_o_REM	33	92,14	± 25,65	22	81,28	± 25,39
Nacht4_o_Leicht	33	231,53	± 45,55	22	236,47	± 53,91
Nacht4_o_Tief	33	68,20	± 17,27	22	72,08	± 16,81
Nacht8_o_Schlafend	38	416,01	± 61,04	26	397,33	± 61,23
Nacht8_o_Wach	38	46,15	± 15,33	26	56,62	± 40,80
Nacht8_o_im Bett	89	463,72	± 63,62	44	457,81	± 51,76
Nacht8_o_REM	33	92,42	± 24,18	21	81,55	± 24,18
Nacht8_o_Leicht	33	239,36	± 50,41	21	243,37	± 40,86
Nacht8_o_Tief	33	66,20	± 17,95	21	68,75	± 19,92
Nacht12_o_Schlafend	37	416,43	± 61,56	26	389,57	± 77,36
Nacht12_o_Wach	37	47,62	± 20,75	26	53,03	± 37,69
Nacht12_o_im Bett	89	465,01	± 58,34	44	457,79	± 69,01
Nacht12_o_REM	30	95,18	± 20,11	21	82,31	± 26,76
Nacht12_o_Leicht	30	245,68	± 57,32	21	240,14	± 49,30
Nacht12_o_Tief	30	68,57	± 16,61	21	68,44	± 22,98

## Tabelle 9

Tabelle 9: deskriptive Daten der Schlafphasen ohne Duftexposition.

Keine Duftexposition	Duftgruppen			Placebo		
	N	$\bar{x}$	SD	N	$\bar{x}$	SD
Nacht4_x_Schlafend	39	419,13	± 55,43	26	395,68	± 54,12
Nacht4_x_Wach	39	45,10	± 16,86	26	53,98	± 27,93
Nacht4_x_im Bett	89	462,55	± 57,58	44	462,24	± 55,25
Nacht4_x_REM	34	94,35	± 24,97	24	77,25	± 30,45
Nacht4_x_Leicht	34	240,32	± 39,31	24	243,10	± 50,85
Nacht4_x_Tief	34	69,12	± 17,67	24	67,32	± 18,52
Nacht8_x_Schlafend	39	411,53	± 50,94	26	393,52	± 85,25

Nacht8_x_Wach	39	49,58	± 17,56	26	63,20	± 44,12
Nacht8_x_im Bett	89	468,34	± 57,09	44	456,72	± 71,76
Nacht8_x_REM	37	94,30	± 18,77	23	80,05	± 25,25
Nacht8_x_Leicht	37	236,41	± 51,13	23	233,48	± 51,31
Nacht8_x_Tief	37	74,97	± 15,40	23	65,59	± 17,33
Nacht12_x_Schlafend	39	404,54	± 55,35	25	391,05	± 66,11
Nacht12_x_Wach	39	52,24	± 14,63	25	61,46	± 42,38
Nacht12_x_im Bett	89	461,09	± 57,22	43	461,82	± 65,49
Nacht12_x_REM	38	87,42	± 24,60	24	79,80	± 20,09
Nacht12_x_Leicht	38	242,94	± 51,99	24	246,98	± 35,15
Nacht12_x_Tief	38	71,24	± 14,68	24	72,32	± 19,94

## Tabelle 10

Tabelle 10: p-Werte der Faktor Duft/kein Duft und Nächte in Bezug auf die Schlafphasen.

Nächte	Schlafphase	Signifikanz Faktor Duft/kein Duft	Signifikanz Faktor Nächte
<b>6 x 2</b>	Zeit im Bett	p=0,82	p=0,29
	schlafend	p=0,99	p=0,50
	wach	p=0,08	p=0,22
	REM-Schlaf	p=0,98	p=0,68
	Leichter Schlaf	p=0,52	p=0,33
	Tiefschlaf	p=0,20	p=0,24
<b>3 x 4</b>	Zeit im Bett	p=0,82	p=0,96
	schlafend	p=1,00	p=0,81
	REM-Schlaf	p=0,75	p=0,87
	Leichter Schlaf	p=0,55	p=0,63
	Tiefschlaf	p=0,18	p=0,80