

Aus der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde
Direktor: Herr Prof. Dr.med. Dr.h.c. Thomas Zahnert

Training der intranasalen Lokalisierung von reinen olfaktorischen Düften

Dissertationsschrift

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin

Doctor medicinae (Dr.med)

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus

der Technischen Universität Dresden

von

Oxana Aßmann

aus Cottbus

Dresden 2013

1. Gutachter: Prof. Dr. Thomas Hummel

2. Gutachter:

Tag der mündlichen Prüfung:

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

Abkürzungsverzeichnis	9
1 Theoretische Grundlagen	11
1.1 Die Bedeutung des Geruchssinns	11
1.2 Anatomie, Physiologie und Biochemie des Riechens	12
1.3 Plastizität und Lernprozesse im Olfaktorischen System	16
1.4 Training und Lateralisierung im Olfaktorischen System	19
1.5 Räumliche Lokalisierung von Düften	21
1.6 Verwendete Düfte	21
2 Zielstellungen und Hypothesen	23
3. Stichprobe und Methoden	24
3.1 Stichprobe und Teilnahmekriterien	24
3.1.1 Anamneseerhebung	24
3.1.2 Screeningverfahren „12er Sniffin‘ Stick“ Test	25
3.2 Fragebogen „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“	27
3.3 Studiendesign	28
3.3.1 Prätraining	29
3.3.6 Trainingssitzung	32
3.3.7 Posttraining	33
3.4 Olfaktometrie	34
3.4.1 Aufbau des Olfaktometers	34
3.5 Elektrophysiologische Untersuchungen	37
3.5.1 Elektroenzephalogramm	37
3.5.1 Olfaktorisch Evozierte Potentiale (OEPs)	38
3.6 Statistische Auswertung	40

4. Ergebnisse.....	42
4.1 Psychophysische Untersuchung	42
4.1.1 Identifizierung und Lateralisierung von Riechstimuli	49
4.1.2 Trainingssitzungen	54
4.1.3 Hedonik	56
4.1.4 Intensitätsbewertung	57
4.2 Elektrophysiologische Untersuchung	60
4.2.1 Antwortlatenzen.....	60
4.2.2 Antwortamplituden.....	63
5. Diskussion.....	68
5.1 Psychophysische Untersuchung	68
5.1.1 Identifizierung und Lateralisierung von Riechstimuli	69
5.1.2 Trainingssitzungen	71
5.1.3 Hedonik	72
5.1.4 Intensitätsbewertung	73
5.2 Elektrophysiologische Untersuchung	74
5.2.1 Antwortlatenzen.....	74
5.2.2 Antwortamplituden.....	74
5.3 Gesamtanalyse.....	77
6.1 Zusammenfassung.....	79
6.2 Conclusion	80
7 Verzeichnisse	81
7.1 Literaturverzeichnis.....	81
7.2 Abbildungsverzeichnis	90
7.3 Tabellenverzeichnis	93

8 Anhang.....	95
9 Lebenslauf	Fehler! Textmarke nicht definiert.
10 Erklärung über Einhaltung der aktuellen gesetzlicher Vorgaben im Rahmen einer Dissertation.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
11 Erklärung über die Eigenständigkeit	Fehler! Textmarke nicht definiert.
12 Danksagung.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.

In dieser Dissertationsschrift wird fortan für alle Probanden und Probandinnen grammatikalisch die männliche Form gebraucht.

Abkürzungsverzeichnis

Anm.	Anmerkung
AON	Nucleus olfactorius anterior
ATP	Adenosintriphosphat
BT	Brainjogging Gruppe
cAMP	cyklische Adenosinmonophosphat
CC	Cross Currency
D	Dilution
EEG	Elektroencephalographie, Elektroencephalogramm
FB	Fragebogen
H ₂ S	Schwefelwasserstoff
ISI	Interstimulusintervall
Krh.	Krankheit
L	Links
LF	Luftfeuchte
LOT	Tractus olfactorius lateralis
ME	Absaugung (Main Exhaust)
MHC	Haupthistokompatibilitätskomplex (Major histocompatibility complex)
ms	Millisekunden
Mw	Mittelwert
n	Anzahl
O	Odorant
OEP	olfaktorisch evozierte Potentiale
OM	Olfaktometer

ORN	olfaktorische Rezeptorneuronen
PEA	Phenylethylalkohol
R	Rechts
rel.	relevant
RT	Riechtraining Gruppe
Sd	Standardabweichung
SE	Standardfehler
z.B.	zum Beispiel
ZNS	Zentralnervensystem
ZVT	Zahlen-Verbindungs-Test

1 Theoretische Grundlagen

1.1 Die Bedeutung des Geruchssinns

Der Geruch spielt oft eine unbewusste, wenn auch wichtige Rolle im Leben eines Menschen. Er hat nicht nur die elementare Funktion eines „Wächters“, wobei schädliche Substanzen eher eine unangenehme, nützliche Substanzen dagegen eher eine angenehme Wahrnehmung hervorrufen (Porcherot et al. 2010). Er dient auch der sozialen Integration und Orientierung in der Lebenswelt der Menschen. Den Düften wird eine starke emotionale Komponente zugesprochen und sie werden oft mit Orten und Ereignissen aus der Autobiographie eines Menschen in Verbindung gesetzt (Willander und Larsson 2007).

Das Riechsystem kann ebenfalls über das sogenannte „Environmental Fragrancing“ stimuliert werden. Über die Verteilung von Düften in der Luft in Wohnungen und Geschäftsräumen soll durch die Geruchswahrnehmung ein konsumsteigernder Effekt beim Menschen erzielt werden (Gilbert und Firestein 2002).

Die Riechleistung ist abhängig von Alter und Geschlecht, wie in vielen Studien mit psychophysischer Messungen, Messung evozierter Potentiale oder bildgebender Verfahren wiederholt gezeigt wurde (Yousem et al. 1999; Larsson et al. 2000).

Ganz offensichtlich wird die Bedeutung des Riechens, wenn Riechstörungen auftreten. Diese können altersbedingt sein oder durch Infekte und Unfälle hervorgerufen werden. Riechstörungen können auch Begleiterscheinungen oder Vorboten neurologischer Erkrankungen wie Morbus Parkinson (Ponsen et al. 2004) oder Depressionen sein (Daniels et al. 2001). Gut untersucht ist auch eine Minderung der Lebensqualität bei Ausfall des Geruchssinnes (Miwa et al. 2001).

Bisher wenig untersucht ist die Bedeutung der Paarigkeit des Riechsystems. Für den Seh- und Hörsinn spielt die Paarigkeit der Rezeptororgane eine bedeutende Rolle für die räumliche Orientierung und Lokalisierung von Reizen in einer 3 dimensional Umwelt. Ob die Paarigkeit des olfaktorischen Rezeptororgans eine ähnliche Funktion zur Lokalisierung von Düften hat ist unklar. Kobal et al vermuten, dass dies mit den intranasalen Duftkonzentrations- und Zeitunterschieden entsprechend der jeweiligen räumlichen Lokalisation des Duftes zusammenhängt (Kobal 1989).

Der Gebrauch von bilateralen Hinweisen, also Reizinformationen aus den beiden intranasalen Riecharealen, zur räumlichen Lokalisierung von Düften zeigt sich bei Untersuchungen an Ratten (Rajan et al. 2006). Auch bei Haien konnte eine räumliche Orientierung durch bilaterale Düfte nachgewiesen werden (Gardiner und Atema 2010). Beim

stattfindet, dauert ungefähr vier bis sechs Wochen. Nur in wenigen Stellen im adulten Nervensystem werden neue Neurone gebildet.

In den ORN der Schleimschicht findet der Kontakt zu den im Schleim gelösten Duftmolekülen statt. Der Aufbau der ORN ist wie folgt: Es sind bipolar Zellen mit einem apikalen dendritischen Fortsatz, an dessen Oberfläche sich Rezeptoren für Duftmoleküle befinden. Der basale Fortsatz bildet das Axon und stellt gleichzeitig das erste Neuron der Riechbahn (primär olfaktorische Rezeptorzelle) dar. Jede Zelle hat einen Rezeptortyp, den verschiedene chemische Gruppen binden.

Die olfaktorischen Rezeptoren sind transmembranöse Proteine, die sich über 7 Domänen erstrecken (7-TD-Rezeptor). Ungefähr 1 % des menschlichen Genoms codiert für olfaktorische Rezeptoren und stellt damit die größte Genfamilie des menschlichen Genoms dar (Buck und Axel 1991). Es wird davon ausgegangen, dass eine große Anzahl verschiedenster strukturierter Duftmoleküle an ein und denselben Rezeptor binden. In dem durch die Duftmoleküle und deren Kombination hervorgerufenem Aktivierungsmuster liegt die Verschlüsselung der olfaktorischen Wahrnehmung (Kajiya et al. 2001).

Nach der Bindung des Duftmoleküls an den Rezeptor findet eine Transformierung des chemischen Reizes in ein elektrisches Signal statt. Diese Transformierung erfolgt durch eine G-Protein gekoppelte Signaltransduktionskaskade. Diese bewirkt eine Aktivierung der Adenylatcyclase III (AC III). Es entsteht ein intrazellulärer Konzentrationsanstieg des cAMP mit einer cAMP vermittelten Signaltransduktion und einer damit einhergehenden Depolarisierung der Zellmembran.

Die Reizweiterleitung erfolgt über die Axone der Riechzellen (Fila olfactoria) durch die Lamina cribrosa zum Bulbus olfactorius. Die Filae olfactoriae sind gleichzusetzen mit dem 1. Hirnnerven, dem Nervus olfactorius. Die erste synaptische Verarbeitung geschieht im Bulbus olfactorius, einem kolbenartigen Fortsatz, welcher in der vorderen Schädelgrube zu finden ist. Im Bulbus findet durch laterale Hemmung eine Kontrastierung des Riecheindrucks statt. Das ist die erste reizverarbeitende olfaktorische Einheit und bildet die Grundlage für die olfaktorische Wahrnehmung. Damit ist der Bulbus olfactorius die primäre olfaktorische Struktur. Projektionen aus dem basalen Vorderhirn und Hirnstamm zum Bulbus olfactorius werden mit Lernen und Gedächtnis in Verbindung gebracht (Brennan und Keverne 1997; Lledo und Gheusi 2003).

Im Bulbus olfactorius findet die Umschaltung auf Mitralzellen statt. Diese bilden das 2. Neuron der Riechbahn und stellen anatomisch den Tractus olfactorius lateralis (LOT) dar. Dieser ist der alleinige Projektionsweg zu sekundären olfaktorischen Strukturen im ZNS.

Die sekundären olfaktorischen Strukturen stellen den „olfaktorischen Kortex“ dar, der sich aus verschiedenen Arealen zusammensetzt. Diese werden den phylogenetisch älteren Strukturen zugeordnet, dem Allokokortex, und dienen der Riechverarbeitung und Vernetzung.

1.3 Plastizität und Lernprozesse im Olfaktorischen System

Plastizität.

Die Plastizität des Gehirns bezieht sich auf seine Fähigkeit Struktur und Funktion bei Gedächtnis- und Lernprozessen, Milieuveränderungen und Krankheiten zu verändern. Aus einem Stammzellpool werden ein Leben lang in bestimmten Arealen des menschlichen Gehirns neue funktionstüchtige Neurone gebildet. Zu den Gehirnarealen mit einer untersuchten adulten Neurogenese gehören der Bulbus olfactorius und der Hippocampus (Lledo et al. 2006). In Tierversuchen konnten die Regionen des Bulbus olfactorius (Pignatelli und Belluzzi 2010) und Hippocampus (Palmer et al. 1999) gut untersucht werden. Regenerierende neurogenetische Prozesse fanden in Tierversuchen alle 60-80 Tage statt (Jennings et al. 1995). Die Reinnervierung und Regeneration nach beispielsweise Traumen durch Neurogenese, Synaptogenese und axonale Prozess ist für den Bulbus olfactorius untersucht (Schwob 2002).

Es wird eine periphere von einer zentralen Plastizität unterschieden. Die periphere Plastizität definiert sich durch das sich zeitlebens erneuernde olfaktorische Epithel (Alvarez-Buylla 1997). Deren mitotische Aktivität und Differenzierung sind wahrscheinlich wesentliche Voraussetzung für das Wiedererlangen der Riechfunktion nach z.B. einem Trauma. Das Riechvermögen korreliert direkt mit den Eigenschaften des Bulbus olfactorius (Buschhüter et al. 2008). Dazu gehören Volumen, Größe und Transmitterausprägung (Haehner et al. 2008) und das Riechvermögen scheint unter anderem von der peripheren neuronalen Aktivität, also der peripheren Stimulation, abzuhängen (Gheusi et al. 2000).

Umgekehrt hat auch die zentrale Plastizität Auswirkungen auf das Riechvermögen (Mainland et al. 2002). Sowohl der piriforme Kortex als auch der Bulbus olfactorius erhalten bereits in einem frühen Stadium der olfaktorischen Verarbeitungen neuromodulierende, zentrifugale Einflüsse des Kortex (Fletcher und Chen 2010). Dadurch werden lernbezogene Abläufe wie Veränderung des Erregungszustandes, Aufmerksamkeit für neue Stimuli und emotionale Zustände einbezogen. Die Neuromodulation erfolgt mittels Neurotransmitter wie Acetylcholin, Norepinephrin und Serotonin (Fletcher und Chen 2010). Durch diese Einflüsse können Langzeitveränderungen der olfaktorischen lern- und gedächtnisbezogenen Strukturen hervorgerufen werden.

Es werden mehrere Ebenen der olfaktorischen Plastizität als Antwort auf Lernen und Dufterleben unterschieden. Zu diesen gehören eine Kurzzeit- und Langzeitplastizität der Synapsen, nicht-synaptische Plastizität mit Veränderung der Biophysik der Membranen, morphologische Veränderungen von dendritischen Komplexen und durch Dufterleben hervorgerufene Neurogenese und Apoptose.

Die Kurzzeitplastizität der Synapsen erfolgt im Bulbus olfactorius und im piriformen Kortex. Sie spielt eine Rolle in der Adaptation an wiederholte oder langandauernde Stimulationen und für die Feinabstimmung sensorischer Verarbeitung bei uneinheitlichen und unvorhersehbaren Düften. Diese Kurzzeitveränderungen der Synapsen stellen sich in Tierversuchen als Teil einer dynamischen Verarbeitung und Codierung von Düften durch den Bulbus olfactorius dar (Perez-Orive et al. 2002).

Die Langzeitplastizität spielt eine Rolle in der Verarbeitung von vorhergehenden Düften auf Mitralzellebene. In Tierversuchen trug dies zu einer Verstärkung der Intensität des Stimulus bei (Fletcher und Wilson 2003).

Durch Dufferleben werden Veränderungen des Gleichgewichts zwischen synaptischer Exzitation und Inhibition und damit dem Aktionspotential der Mitralzellen hervorgerufen. Diese elektrischen Veränderungen zeigen bei Ratten einen Zusammenhang mit olfaktorischen Lernprozessen und dem olfaktorischen Antwortverhalten auf bekannte Düfte (Martin et al. 2004). Periphere Duftexpositionen haben Auswirkung auf die Morphologie und das Überleben von zentralen olfaktorischen Neuronen im Bulbus olfactorius (Brunjes 1994) und piriformen Kortex (Wilson 2000).

Zur nichtsynaptischen Plastizität gehören Veränderungen der neuronalen Biomembranen, Modifizierung der Dendritenmorphologie und das durch Milieuveränderungen hervorgerufene Zellüberleben. So zeigte sich im Tierversuch eine gesteigerte Erregungsbereitschaft der piriformen Zellen des Kortex nach einem Lernprozess zur Unterscheidung von Düften (Saar und Barkai 2003).

Das ganze Leben hinweg findet eine Neurogenese im Bulbus olfactorius statt (Lledo et al. 2006). Es wird diskutiert, dass der Grund dafür darin liegend könnte, dass der Bulbus olfactorius sich mit einer großen Informationsflut auseinandersetzt (Chambers et al. 2004) und bestimmte Kodierungsstrategien verwendet, um diese zu verarbeiten (Cecchi et al. 2001). Apoptose und Neurogenese hängen ab von der Duftstimulation. Ein Mangel an Stimulation führt zu einer erhöhten Apoptose und verstärkte Stimulation zu einer Steigerung der Neurogenese im Tierversuch (Najbauer und Leon 1995). Dadurch kann das Riechsystem seine Zellzahl an die jeweilige sensorische Stimulation anpassen. Es hat sich auch gezeigt, dass das Fortbestehen bestimmter Neurone im piriformen Kortex durch sensorische Einflüsse reguliert wird. Die exakte Bedeutung dieser Neurone ist allerdings bisher unbekannt und konnte auch im Tierversuch noch nicht näher evaluiert werden (Leung und Wilson 2003).

Lernprozesse.

Bezüglich der Lernprozesse im olfaktorischen System werden verschiedene Formen unterschieden (Clark et al. 2002). Zu diesen gehören:

- 1) das Implizite Gedächtnis
- 2) das Explizite Gedächtnis
- 3) das Set Learning.

Implizites Gedächtnis.

Beim Impliziten Gedächtnis spielen vor allem die Adaptation und die Habituation eine große Rolle. Die Adaptation ist eine peripher und die Habituation eine zentralnervös bedingte Reaktionsabnahme auf einen Reiz.

Bei der Adaptation passt sich das Riechsystem auf Änderungen der Dauer und Intensität eines sensorischen Stimulus an. Je nach Art des Reizes kann es zu einer Verstärkung oder Verminderung der Stimulusempfindlichkeit kommen. Dies kann zu Veränderungen auf Rezeptor- oder Signaltransduktionsebene führen und findet vorwiegend in den Mitralzellen statt (Wilson 2000).

Habituation hingegen ist ein komplexer zentraler Lernvorgang. Dabei schwächt sich die Reizantwort durch zentrale Regulationsmechanismen allmählich ab und kann dann vollständig ausbleiben. Im olfaktorischen System läuft diese höhere integrative Leistung vor allem im piriformen Kortex ab.

Bei der olfaktorischen klassischen Konditionierung wird einem Duftreiz kurzzeitig ein unconditionierter Stimulus hinzugefügt. Das kann zu Veränderungen der Transmitterfreisetzung im Bulbus olfactorius führen (Kaba und Nakanishi 1995). Für den piriformen Kortex ist die Konditionierung weniger gut untersucht (Saar et al. 2002).

Wahrnehmungsabhängiges Lernen ist ein Prozess, bei dem vorangehende Dufferfahrungen eine Verbesserung der Unterscheidung ähnlicher Duftreize ermöglichen. Dies konnte in Tierversuchen gezeigt werden (Linster et al. 2002). Es geht einher mit Veränderungen im Bulbus olfactorius und dem piriformen Kortex (Wilson und Stevenson 2003).

Explizites Gedächtnis.

Im Expliziten Gedächtnis werden bewusst Erfahrungen und Informationen abgespeichert. Es wird angenommen, dass verschiedene Regionen des Gehirns zur Leistung und Funktion des olfaktorischen expliziten Gedächtnisses beitragen. Über die spezifischen neuronalen Abläufe ist wenig bekannt (Wilson et al. 2004). Es konnten in Tierversuchen beteiligte Neuronennetzwerke identifiziert werden: der piriforme Kortex, der orbitofrontale Kortex, der perirhinale Kortex, das ventrale Striatum und der Hippocampus (Slotnick 2001).

Set Learning.

Das Set Learning ist eine Bereitschaft zum Lernen, die aus vorangegangenen Lernerfahrungen entsteht. Dabei kommt es zu einer Steigerung der Lernleistung mit jedem

neuen Stimulus (Wilson et al. 2004). So zeigte sich in Tierversuchen einige Tage nach Lernprozessen mit Düften bei den Neuronen des piriformen Kortex eine Steigerung der Erregbarkeit und Abnahme der Nachhyperpolarisation (Saar und Barkai 2003). Diese biophysischen Veränderungen können dazu führen, dass kortikale Neurone länger und intensiver auf sensorische Reize reagieren. Damit wird eine synaptische Plastizität wahrscheinlicher und ermöglicht das Erlernen darauffolgender Dufterlebnisse.

Darüber hinaus hat das olfaktorische System ausgeprägte multimodale und modulierende Eigenschaften. Durch Konvergenzen innerhalb der olfaktorischen Leitbahnen kommt es zu einer multisensoriellen Verarbeitung. Diese ermöglicht es weiterhin, Düfte in ihrer biologischen und erlernten Bedeutung einzuordnen (Wilson et al. 2004).

1.4 Training und Lateralisierung im Olfaktorischen System

Training.

Eine Verbesserung der olfaktorischen Sensitivität mittels eines Trainings, also wiederholter Duftexposition, scheint ein generelles Phänomen des Riechsystems zu sein. In Untersuchungen mit Ratten (Voznessenskaya et al. 1994) und Lachsen (Nevitt et al. 1994) konnte eine Steigerung der Sensitivität bei bestimmten Düften durch Riechtraining nachgewiesen werden.

Beim Menschen wurden Trainingseffekte mit Düften wie PEA (Phenylethylalkohol), Acetat, und Heptan schon 1960 gezeigt (Engen 1960). Smith et al. konnte wiederholt für den Duft PEA herausstellen, dass ein Riechtraining die Riechleistung signifikant gegenüber nicht trainierten verbessert (Smith et al. 1993).

Eine Ausdehnung eines Trainingseffekts durch Verwendung eines bestimmten Duftes auf andere, ihm verwandte Düfte, konnte nicht festgestellt werden (Wysocki et al. 1989). Die weitere Frage der Nachhaltigkeit von Trainingseffekten wurde bisher nur in Tierversuchen gezeigt (Yee und Wysocki 2001). Wie lange Effekte eines Riechtrainings beim Menschen anhalten ist bisher nicht genau geklärt. Möglicher Gründe dafür könnten sein, dass die Trainingssitzungen nur im Labor unter Testbedingungen stattfinden (Dalton et al. 2002).

Moderne therapeutische Ansätze berücksichtigen die Plastizität und Regenerationsfähigkeit des Riechsystems und wenden aktive Riechtrainingseinheiten bei Riechstörungen zur Verbesserung der Funktion an (Moller et al. 1999; Dalton et al. 2002; Wang et al. 2004).

Lateralisierung.

Die meisten Untersuchungen des Riechsystems beziehen sich auf birhinale, das heißt beide Nasenlöcher gleichzeitig involvierende, Testungen und Trainingseinheiten. Dadurch ist es nicht möglich, zwischen olfaktorischen Wahrnehmungen des rechten und linken Nasenlochs und den damit verbundenem Riecharealen zu differenzieren. Deswegen wurden in jüngster Zeit auch unirhinale Testungen getrennt für das linke und rechte Nasenloch durchgeführt. Daraus resultierende Seitendifferenzen der beiden wahrnehmenden Nasenlöcher werden als Lateralisierung bezeichnet.

Good et al. fanden keine Unterschiede zwischen der linksseitigen oder rechtsseitigen Lateralisierung bei der Duftidentifikation (Good et al. 2003) und unterscheiden damit nicht zwischen unirhinaler und birhinaler Funktion.

Lateralisierungen werden allerdings bei Patienten mit M. Parkinson (Zucco et al. 2001), Schizophrenie Patienten (Mohr et al. 2001) und zwischen rechtshändigen und linkshändigen Menschen (Hummel et al. 1998) beschrieben. Lateralisierungen des Riechvermögens könnten ein Zeichen des Frühstadiums von Parkinson (Zucco et al. 2001) und Schizophrenie sein (Mohr et al. 2001).

Es konnten auch Lateralisierungen zwischen den Riecharealen bezüglich der Duftidentifikation gezeigt werden (Gudziol et al. 2007). Gudziol et al. zeigten Seitendifferenzen bei 15 % der gesunden Probanden seines Studienkollektivs bezüglich der Duftidentifikation. Diese Beobachtungen im Riechsystem stehen konträr zu den symmetrischen Veränderungen in anderer paarigen Sinnesorganen wie dem Sehapparat (Wang et al. 2000) und dem Hörapparat (Parving et al. 1997).

Lateralisierungen zeigten auch einen sehr spezifischen Charakter. Zatorre et al. zeigten ein Vorteil des rechten Nasenlochs gegenüber dem linken für die Duftdiskrimination bei gesunden Menschen. Diese sind in seiner Studie unabhängig vom Geschlecht, Händigkeit und Spracheinfluss der Person. Auf Grund der ipsilateralen Projektion der Riehbahn wird eine spezialisierte Funktion der rechten zerebralen Hemisphäre vermutet (Zatorre und Jones-Gotman 1990). Royet et al. hingegen konnten bei bekannten Düften eine starke linksseitige Hirnaktivität verzeichnen (Royet et al. 1999). Savic et al. bestätigten die bessere Leistung des rechten Nasenlochs für unbekannte Düfte. Allerdings zeigten sich keine Seitendifferenzen bei bekannten Düften. Bekannte Düfte werden leichter erkannt als unbekannte (Savic und Berglund 2000). Thuerauf et al. fanden höhere Intensitätsbewertungen für das rechte Nasenloch als für das linke Nasenloch. Für die Hedonik zeigten sich keine Seitendifferenzen. Insgesamt zeigten sich in dieser Studie höhere, wenn auch nicht signifikante Werte für das rechte Nasenloch (Thuerauf et al. 2008). Bei der Entwicklung diagnostischer Methoden für das olfaktorische System ist es entscheidend zu verstehen, in welcher Hirnregion welche Düfte verarbeitet werden. So

würde man nach derzeitigem Stand linkshemisphärische Störungen mit bekannten und rechtshemisphärischen Störungen mit unbekanntem Düften untersuchen.

Es zeichnen sich auch Geschlechtsunterschiede ab. Frauen zeigen verglichen mit Männern eine bessere Riechleistung auf dem linken Nasenloch als auf dem rechten Nasenloch (Doty und Kerr 2005). Doty et al. diskutierten ebenfalls einen Zusammenhang zwischen dem Hormonsystem und der Lateralisierung von Düften. So weisen Frauen unter Hormonersatztherapie eine bessere Riechleistung des linken Nasenlochs im Vergleich zum rechten Nasenloch auf (Doty et al. 2008). Düfte, die dem linken Nasenloch präsentiert wurden, konnten besser erkannt werden, als bei Präsentation im rechten Nasenloch (Homewood und Stevenson 2001). Unabhängig von diesen Studien weiß man bisher noch nicht ausreichend über die Lateralisierung von Düften bei normosmischen Menschen als auch solchen mit Verlust des Riechsinnens.

1.5 Räumliche Lokalisierung von Düften

Es scheint, dass die Fähigkeit Duftquellen zu lokalisieren beim Menschen davon abhängt, ob der Duft ein reiner Olfaktoriusreizstoff oder gemischt olfaktorisch-trigeminaler Duftreizstoff ist. Es ist weitestgehend anerkannt, dass gemischt olfaktorisch-trigeminale Reizstoffe genau lokalisiert werden können, wenn sie passiv in eines der Nasenlöcher appliziert werden (Kobal et al. 1989; Kleemann et al. 2009). Darüber hinaus wird sogar die Stärke der trigeminalen Stimulation eines Duftes mit der Genauigkeit der Duftlokalisierung assoziiert (Frasnelli et al. 2011).

Reine Düfte hingegen erscheinen nur schwer oder fast gar nicht bei passiver Stimulation lokalisierbar zu sein (Kobal et al. 1989). Aktives riechen von reinen Duftstoffen kann die Lokalisierbarkeit des Duftes verbessern (Wysocki et al. 2003; Frasnelli et al. 2009).

1.6 Verwendete Düfte

In dieser Studie werden zwei Duftstoffe, PEA und H_2S , ohne trigeminale Stimulationskomponente verwendet (Doty et al. 1978; Hummel et al. 1991). Damit sind sie reine Olfaktoriusreizstoffe. Die meisten Ergebnisse bisheriger Studien mit Lateralisierungsaufgaben zeigen, dass die Probanden nicht in der Lage sind die Seite des Stimulus korrekt zu identifizieren (Kobal et al. 1989; Radil und Wysocki 1998; Frasnelli et al. 2009). Es gibt allerdings auch gegenteilige Darstellungen (Porter et al. 2007).

PEA. Phenylethylalkohol (Sigma-Aldrich GmbH, Deutschland) wird vom Menschen als blumiger Rosenduft wahrgenommen und eher angenehm bewertet. Es ist eine farblose

Flüssigkeit mit einem scharfen, brennenden Geschmack. In geringen Konzentrationen kann es augenreizend wirken und in höheren Konzentrationen kann es zu Störungen des Nervensystems und des Magendarmtrakts führen (Scognamiglio et al. 2011).

H₂S. Schwefelwasserstoff wird mit dem Geruch nach faulen Eiern in Verbindung gebracht und eher als unangenehm empfunden. Es ist ein brennbares, farbloses und in Verbindung mit Sauerstoff explosionsfähiges Gas. In Wasser ist es löslich und schwerer als Luft. Beim Menschen trägt H₂S zur Geruchsbildung menschlicher Exkreme (Suarez et al. 1997) und der Halitosis (Tangerman und Winkel 2007) bei. Dieser Riechstoff wird bereits in geringen Konzentrationen wahrgenommen. In hohen Konzentrationen ist H₂S stark giftig. Es kann im Kontakt mit Schleimhäuten und Gewebeflüssigkeiten Schäden im zentralen und peripheren Nervensystem verursachen (Reiffenstein et al. 1992).

2 Zielstellungen und Hypothesen

Aufgrund der vorgestellten Forschungsergebnisse zur Trainierbarkeit von Düften (Dalton et al. 2002), der Plastizität des Riechsystems (Haehner et al. 2008) und der räumlichen Lokalisierung von Düften (Frasnelli et al. 2009) wird postuliert, dass durch ein systematisches Training mit reinen olfaktorischen Düften sich die Lokalisierbarkeit dieser verbessert.

Die Untersuchung erfolgt an jungen gesunden Frauen, welche in zwei Gruppen unterteilt werden, eine Versuchsgruppe (Riechtrainingsgruppe) und eine Kontrollgruppe (Brainjogginggruppe). Es wird untersucht, ob es einen Unterschied in der intranasalen Lokalisierung von passiv applizierten, reinen Düften (PEA, H₂S) ohne trigeminalen Anteil zwischen der Riechtrainingsgruppe (RT) und der Brainjogginggruppe (BT) gibt. Es wird ebenfalls untersucht, ob sich eine Seitendifferenz (Rechts, Links) zwischen den beiden Nasenlöchern zeigt.

Es soll auch herausgefunden werden, ob die Lokalisierung von den passiv applizierten Düften PEA und H₂S in der RT durch ein gezieltes Riechtraining verbessert werden kann. Es wird untersucht werden, ob sich nach dem Training elektrophysiologisch messbare Unterschiede zwischen der BT und RT zeigen.

Es gibt bekannte Zusammenhänge zwischen der Seite der Duftapplikation und der Bewertung der Intensität und Hedonik (Thuerauf et al. 2008). Es wird deswegen evaluiert, ob ein Unterschied in der Bewertung der Intensität zwischen dem linken und dem rechten Nasenloch existiert. Die Bewertung der Hedonik hingegen soll in der Untersuchung keinen Unterschied zwischen dem linken und dem rechten Nasenloch, den Duftapplikationsseiten, weder für die RT noch für die BT aufweisen.

Zusätzlich wird mittels eines Fragebogens untersucht, ob es einen Unterschied in der Bedeutung des Geruchsinnes im Alltag zwischen der RT und der BT gibt. Dabei wird angenommen, dass eine verstärkte Exposition mit Düften durch das Duftraining in der RT zu einer Veränderung der Bedeutungsbeimessung des Geruchssinns im Alltag im Vergleich zur BT führt.

3. Stichprobe und Methoden

3.1 Stichprobe und Teilnahme Kriterien

Durch die freiwillige Teilnahme an der Untersuchung entsprachen die Probanden einer Gelegenheitsstichprobe. Es handelte sich um 52 freiwillige, gesunde, weibliche, rechtshändige Probanden im Alter von 18 bis 31 Jahren, welche keine Riechstörungen aufwiesen. Mündlich und schriftlich wurde darauf hingewiesen, dass die Teilnahme an der Studie freiwillig erfolgt und dass diese zu jeder Zeit ohne Angaben von Gründen beendet werden kann. Nach der Einwilligung in die Studie und der Zustimmung zur Durchführung von Untersuchungen, wurde mit der Erhebung der Daten begonnen. Die Verwirklichung der Studie erfolgte entsprechend der Deklaration des Weltärztebundes von Helsinki „Ethische Grundsätze für die medizinische Forschung am Menschen“.

Die Auswahl der Probanden und die Durchführung der Untersuchungen fanden in einem Zeitraum vom März 2009 bis Mai 2009 statt. Aus praktischen Gründen erfolgte die Durchführung in zwei nacheinander folgenden Abschnitten von jeweils vier Wochen.

Von 60 voruntersuchten Probanden wurden sechs Probanden aufgrund signifikanter Seitendifferenzen der Geruchswahrnehmung von der Teilnahme an der Studie ausgeschlossen. Zwei weitere Probanden waren während der Trainingseinheit erkrankt und wurden aus der Studie ausgeschlossen. Somit wurden die Datensätze von insgesamt 52 Probanden untersucht. Davon befanden sich 27 Probanden in der RT und 25 Probanden in der BT.

3.1.1 Anamneseerhebung

Zur Einhaltung der Teilnahme Kriterien (Tabelle 1) wurden die Probanden vor Beginn der Studie mittels eines standardisierten Fragebogens über wesentliche körperliche, medizinische und soziale Kriterien befragt. Die Anamnese über Erkrankungen und Vorerkrankungen und eventuell Operationen im Kopfbereich (Jiang et al. 2008) wurde spezifisch auf relevanten Krankheiten bezogen, von denen bekannt ist, dass sie das olfaktorische System beeinflussen können. Dazu zählen: Diabetes mellitus (Weinstock et al. 1993), allergische Rhinitis (Guss et al. 2009), Schilddrüsenfunktionsstörungen (Nores et al. 2000), Nierenerkrankungen (Nores et al. 2000), Nasenpolypen (Hox et al. 2010), Kopfschmerzen (Hirsch 1992), Lebererkrankungen (Temmel et al. 2005) und Nerven- und Hirnerkrankungen (Baba et al. 2011; Goektas et al. 2011; Mundinano et al. 2011; Schmidt et al. 2011).

Die Probanden schätzten ebenfalls ihr subjektives Riechvermögen (Knaapila et al. 2008) und ihre Händigkeit (Hummel et al. 1998) ein. Das Alter spielte dahingehend eine Rolle, dass sich in Studien gezeigt hat, dass mit zunehmendem Alter das Riechepithel immer mehr von respiratorischen und dysfunktionalem olfaktorischem Epithel durchsetzt wird (Jafek et al. 2002; Boesveldt et al. 2011).

Darüber hinaus wurde von den Probanden vor und nach den Untersuchungen ein weiterer Fragebogen zur subjektiven „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“ im Alltagsleben ausgefüllt (Croy et al. 2010).

Die Probanden wurden darauf hingewiesen bei Studienteilnahme 2 Stunden vor Beginn der jeweiligen Sitzungen nichts zu essen, nicht zu rauchen und gegebenenfalls Wasser zu trinken.

Tabelle 1.: Teilnahmekriterien der Studie

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Weibliches Geschlecht	Männliches Geschlecht
Normosmie (>9, nach „12er Sniffin‘ Stick“ Test)	Wesentliche gesundheitliche Beeinträchtigungen mit Störungen des Riechvermögens
Alter ≥ 18 Jahre bis 32	akute oder ausgeprägte chronische Erkrankungen der Nase und Nasennebenhöhlen
Rechtshändigkeit	Linkshändigkeit
Freiwilligkeit	Personen mit relevanten Vor- bzw. Begleiterkrankungen im HNO Bereich
Normale psychosoziale und physische Allgemeinverfassung	Schwangerschaft und Stillzeit

3.1.2 Screeningverfahren „12er Sniffin‘ Stick“ Test

Wesentlich für die Studienteilnahme war die beidseitige Normosmie der teilnehmenden Probanden. Dazu wurde der „12er Sniffin‘- Stick“ Test als Screening Verfahren zur Erfassung von Riechstörungen verwendet (Abbildung 4). Dieser Test ist ein Identifikationstest, der es ermöglicht Anosmiker, Hyposmiker und Normosmiker zu unterscheiden (Hummel et al. 2001). Der Test enthält 12 Riechstifte, welche verschiedene gesundheitlich unbedenkliche Aromen enthalten, welche natürliche Gerüche nachahmen. Für die Testung wurde die Kappe des jeweiligen Riechstiftes kurz entfernt und dem Probanden in einem Abstand von 2 cm unter der Nasenöffnung für 2 s bis 3 s präsentiert. Dabei wurde immer jeweils eine Nasenöffnung getestet, während die andere Nasenöffnung durch ein geruchsneutrales Pflaster (3M™ Microfoam) verschlossen wurde. Diese Testung wurde zweimal durchgeführt, jeweils getrennt für die linke und rechte Nasenöffnung. Die Probanden sollten den jeweiligen dargebotenen Geruch sofort nach der Darbietung benennen, auch wenn sie unsicher waren

(forced choice). Als Hilfestellung diente eine Multiple-Choice-Vorlage mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten pro dargebotenem Aroma (Abbildung 5). Nach getrennter Testung beider Seiten wurden die korrekten Antworten zu einem Wert jeweils für die rechte und linke Seite getrennt aufsummiert. Für eine Teilnahme an dieser Studie war ein Wert von mindestens 10 richtig erkannten pro Seite notwendig. Der Untersucher sollte darauf achten kein Parfüm zu verwenden und während der Untersuchung keinen Hinweis auf Korrektheit der Entscheidung zu geben.



Abbildung 4.: 12er Sniffin' Stick Identifikationstest Test Kit
Anm. Burghart Elektro- und Feinmechanik GmbH, Deutschland

Identifikation - Screening 12

Sniffin' Sticks
Screening 1

rechtsseitige Testung

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

linksseitige Testung

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

Ergebnisse (Summe der korrekten Identifikationen) links rechts

Abbildung 5.: 12er Sniffin' Stick Identifikations Test

Anm. Multiple Choice Vorlage für die links- und rechtsseitige Testung der beiden Nasenlöcher (Burghart Elektro- und Feinmechanik GmbH, Deutschland)

3.2 Fragebogen „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“

Der Fragebogen (siehe Anlage 8) wurde von Croy und an der Technischen Universität Dresden entwickelt, um die individuelle, subjektiv beigemessene Bedeutung der Riechfunktion im Alltagsleben zu erfassen (Croy et al. 2010).

Dieser wurde in der vorliegenden Untersuchung mit dem Riechtraining in Zusammenhang gebracht. Es stellte sich die Frage, ob sich durch vermehrte Auseinandersetzung mit dem Riechsinn durch die vorliegende Studie, die Bedeutung des Riechsinn im Alltag verändert. Zunächst wurde der Fragebogen den Probanden in der erstenn Sitzung (Prätraining), also vor Beginn der Untersuchungen, dargeboten. Dann fand in einem Abstand von einem Monat nach Beendigung der letzten Untersuchungssitzung eine wiederholte Befragung in Form einer Nachuntersuchung statt.

Der Fragebogen „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“ besteht aus 20 Fragen, die in Form einer subjektiven Aussage abgebildet werden (siehe Anlage 8). Die Bewertung der Fragen nahmen die Probanden vor, indem sie angaben, wie sehr sie mit der vorgegebenen Aussage übereinstimmten, von „Trifft vollkommen zu“ bis „Trifft überhaupt nicht zu“.

Diese subjektiven Aussagen wurden in drei Subskalen mit jeweils 6 Einzelfragen abgebildet. Diese Subskalen waren: (1) *B=Assoziation und Bewertung der olfaktorischen Wahrnehmung*, (2) *A=Anwendung des Riechsinn* und (3) *K=Konsequenzen*, welche aus der Riechwahrnehmung gezogen wurden. Zusätzlich war noch eine (4) *L=Lügenskala* zu finden, welche die Aggravationstendenz testete. Die (1) *Assoziationsskala* beschäftigte sich mit den durch das Riechen hervorgerufenen Emotionen, Erinnerungen und Bewertungen, z.B.: „Der Geruch einer Person entscheidet darüber, ob er/ sie mir sympathisch ist.“ Diese Verarbeitung ist meist unbewusst und schnell, aufgrund der engen Verknüpfung zwischen dem Riechsinn und Emotionen (Willander und Larsson 2007). Die Skala der (2) *Anwendung des Riechsinn* zeigte auf, inwiefern jemand die Riechfunktion im Alltagsleben bewusst oder unbewusst einsetzte, beispielsweise: „Ich beurteile, ob Lebensmittel verdorben sind in dem ich an ihnen rieche“. Hingegen zeigte die (3) *Konsequenzskala*, wie sehr der Geruchsinn das Handeln im Alltag beeinflusst, z.B.: „Wenn der Geruch eines Shampoos mir nicht gefällt, kaufe ich es nicht“. Die Lügenskala beschäftigte sich mit einer übertriebenen Betonung des Riechens, wie „ Es ist mir wichtiger, riechen zu können, als sehen oder hören zu können“. Der Gesamtwert wurde gebildet aus der Summe der Items von Bewertung, Anwendung und Konsequenz.

3.3 Studiendesign

Überblick. Die Variablen, die in dieser Studie untersucht wurden, sind die Trainierbarkeit von reinen Düften hinsichtlich der olfaktorischen Lokalisierung, die Bewertung der Intensität und Hedonik der Düfte und die Bedeutung des Geruchsinns im Alltag.

Die Aufteilung der Probanden erfolgte zufällig in eine Versuchs- und Kontrollgruppe. Die Versuchsgruppe bekam ein Riechtraining und wurde als RT benannt. Die Kontrollgruppe erfuhr ein Brainjogging und wurde als BT bezeichnet.

Jede Gruppe (Abbildung 6) durchlief jeweils sechs Sitzungen. Diese bestanden aus der ersten Sitzung, dem Prätraining, vier Trainingseinheiten und einem Posttraining. In dem Posttraining fanden zusätzlich zur psychophysischen Befragung am Olfaktometer eine Evaluierung mittels EEG für 13 Probanden der BT und 13 Probanden der RT statt. Weiterhin erfolgte eine Nachuntersuchung für den Fragebogen „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“ in einem Abstand von einem Monat nach Beendigung der Studie.

Die erste Sitzung, das **Prätraining**, dauerte 90 min und gliederte sich in 2 Abschnitte. Im ersten Abschnitt fand zunächst die Studienaufklärung, die Anamnese und ein psychophysisches Testverfahren, der „Sniffin Sticks“ Test (Hummel et al. 2007), statt. Der „Sniffin Sticks“ Test diente zur Beurteilung des individuellen Riechvermögens (siehe 3.1.2).

Danach erfolgte im zweiten Abschnitt die erste Messung mit dem Olfaktometer, in welcher die Probanden nach jedem Duftreiz Intensität, Hedonik und Seite der Reizdarbietung beurteilten.

Die darauffolgenden 4 Termine bestanden aus **Trainingseinheiten**. Diese fanden entweder am Olfaktometer für die RT oder in Form eines Brainjoggings für die BT statt. Der Abstand dieser Sitzung betrug für die RT als auch die BT mindestens 2, jedoch nicht mehr als 4 Tage. Diese kurzen Lernintervalle sollten es ermöglichen einen Lerneffekt festzustellen.

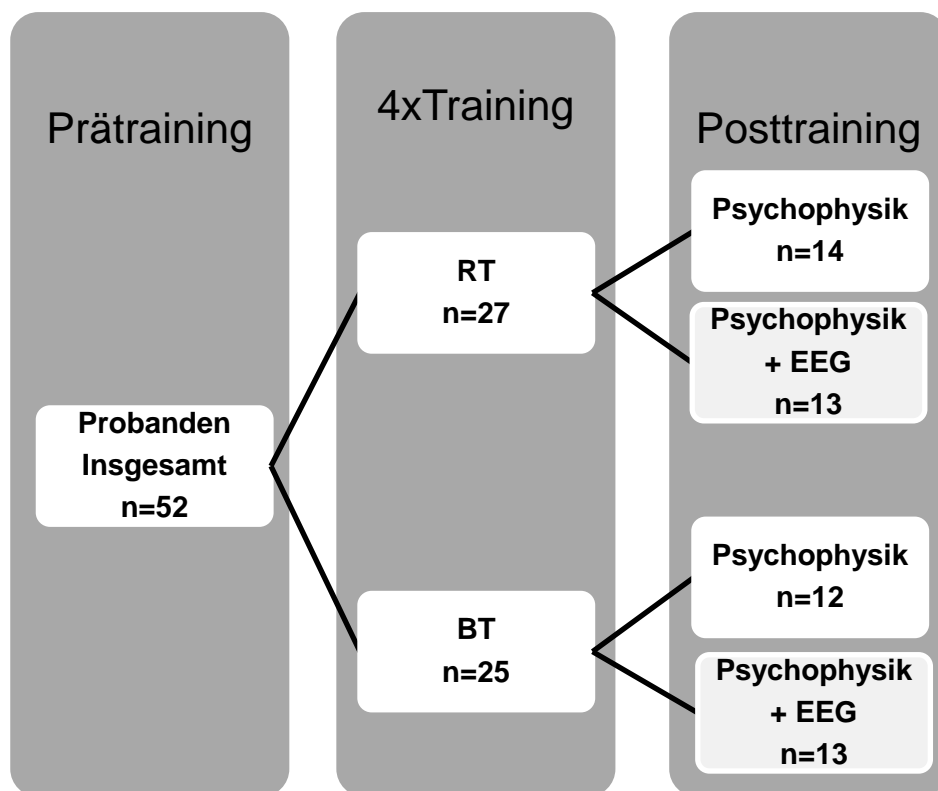


Abbildung 6.: Gruppenaufteilung

Anm. n=Anzahl der Probanden, BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe

Die letzte Sitzung, das **Posttraining**, fand in demselben Modus wie die erste Sitzung statt. Zusätzlich wurde eine gleichzeitige EEG Aufnahme für 26 Probanden durchgeführt. Insgesamt war der Zeitraum vom Prätraining zum Posttraining 4 Wochen.

3.3.1 Prätraining

Der erste Abschnitt des Prätrainings wurde bereits oben beschrieben. Nun wird der genaue Ablauf des zweiten Abschnitts am Olfaktometer dargestellt. Es wurden die drei Bewertungsskalen Hedonik, Intensität und Seite der dargebotenen Düfte durch die Probanden evaluiert. Die Bewertung erfolgte mit einer Computer-Maus auf einem Bildschirm, welcher die nun folgenden Bewertungsschemen abbildete.

Duftapplikation. Den Probanden wurde eine Reihe von insgesamt 80 Duftreizen (Abbildung 7) präsentiert. Diese Duftreizgaben unterteilten sich in 2 Blöcke. Ein Block bestand aus 40 Duftreizen PEA und der andere aus 40 Duftreizen H₂S. Die Duftreizgabe fand birhinal statt, also über zwei Röhrchen (Tuben), die sich jeweils 2 cm in dem linken und rechten Nasencavum befanden. Die 40 Duftreize des jeweiligen Duftes, PEA oder H₂S, unterteilen sich in 20 Duftreize für das linke Nasenloch und 20 Duftreize für das rechte Nasenloch. Die

Verteilung der 40 Duftreize innerhalb eines Blockes wechselte zufällig zwischen der rechten und linken Seite.

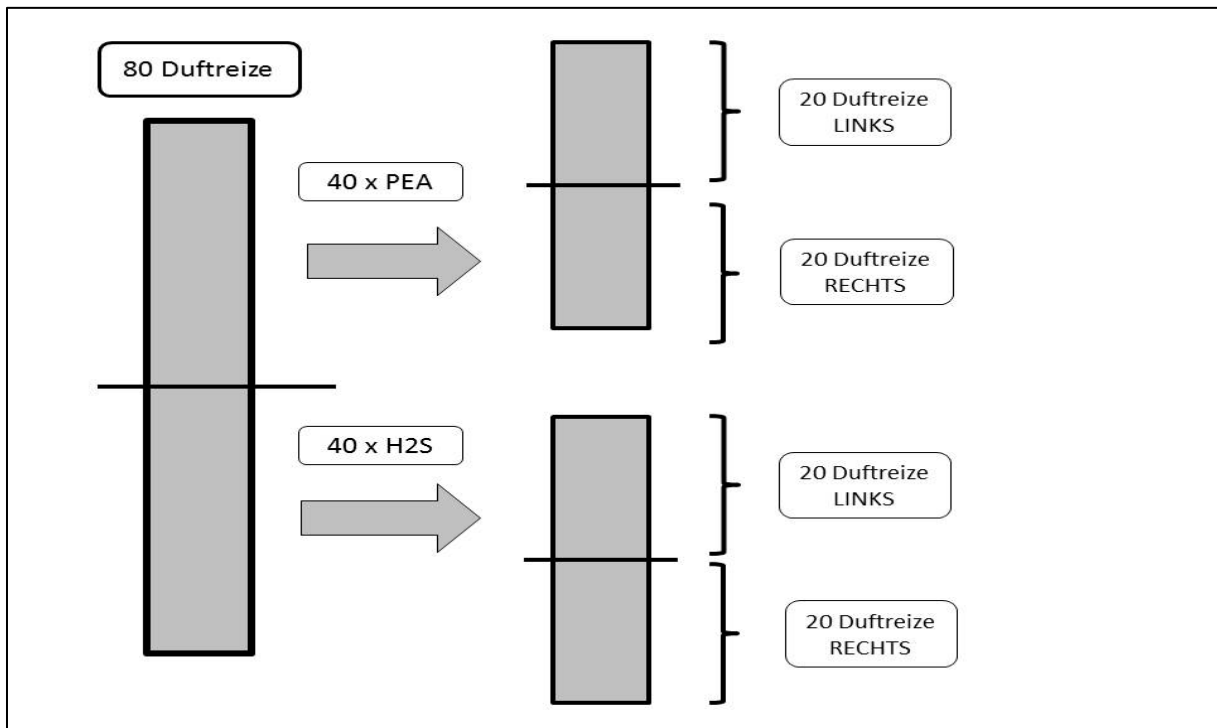


Abbildung 7.: Duftapplikationsschema durch das Olfaktometer

Die Länge eines jeden Stimulus betrug 250 ms. Der Abstand zwischen den einzelnen Duftreizstimuli wurde kontinuierlich und zufällig verändert und bewegte sich zwischen 25 s und 32 s. Damit konnten Gewöhnungseffekte durch Zeitfaktoren vermieden und die Konzentration der Probanden gesteigert werden.

Des Weiteren wurde die Duftapplikation interpersonell nach dem Zufallsprinzip variiert. Das bedeutete, dass zwischen den Probanden die Tubuslage abwechselnd definiert wurde zwischen einer überkreuzten Position und einer nicht überkreuzten, also geraden Position.

Intensität und Seite des applizierten Duftes wurde ebenfalls nach jedem einzelnen Stimulus bewertet. Die Bewertung der Hedonik erfolgte vor und nach jedem Duftblock.

Intensität. Die Bewertung der Intensität erfolgte nach jedem Stimulus. Sie wurde auf einer vorgegebenen visuellen Analogskala durchgeführt (Abbildung 8). Es wurde auf einer Skala von 0 (Nichts gerochen) bis 100 (Extrem intensiv gerochen) bewertet. Dabei entsprach der graue Balken der Bewertung durch den Probanden.

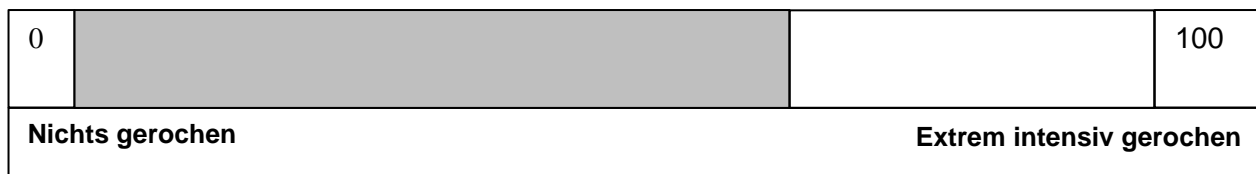


Abbildung 8.: Intensitätsskala

Anm. Der graue Balken ist ein Beispiel für eine mögliche Bewertung durch einen Probanden

Hedonik. Die Bewertung der Hedonik erfolgte durch eine visuelle Analogskala (Abbildung 9) vor und nach jedem Duftblock für PEA und H₂S getrennt und getrennt für das linke und rechte Nasenloch. Es sollte angegeben werden, wie angenehm oder unangenehm ein Duftreiz auf einer Skala von 0 (extrem angenehm) bis 100 (extrem unangenehm) empfunden wurde.

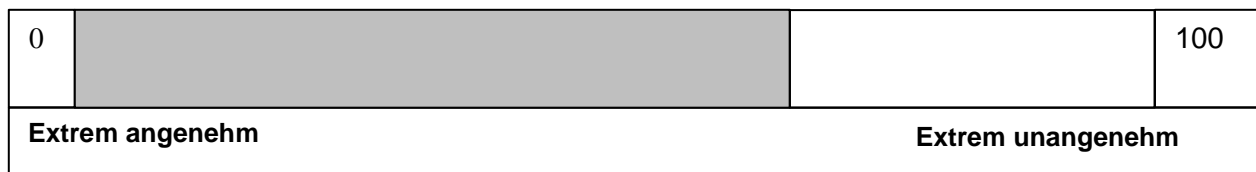


Abbildung 9.: Hedonikskala

Anm. Der graue Balken ist ein Beispiel für eine Bewertung durch einen Probanden

Lateralisierung. Die Bewertung der Seite der Reizdarbietung nach jedem Stimulus fand ebenfalls mittels einer visuellen Analogskala statt (Abbildung 10). Die Skala belief sich hierbei von 0 (absolut links) bis 100 (absolut rechts). Diese Skala zeigte den Trainingseffekt individuell für den jeweiligen Probanden, innerhalb der jeweiligen Gruppe und zwischen den Gruppen. Die visuelle Analogskala der Lateralisierung gliederte sich in genau definierte Bereiche, die dem Probanden vor Beginn der Untersuchung mitgeteilt wurden.

Der Bereich zwischen 0 bis 40 stand für eine Wahrnehmung des Reizes auf der linken Seite. Zwischen 40 bis 60 wurde definiert als der Bereich, bei welchem der Proband sich nicht entscheiden konnte, auf welcher Seite die Reizdarbietung stattfand bzw. die Wahrnehmung keiner definierten Seite zugeordnet werden konnte. Der Bereich zwischen 60 bis 100 definierte den Bereich der rechten Seite. In den jeweiligen Bereichen konnten von den Probanden auch graduell festgelegt werden, wie sicher sie sich bei der Riechwahrnehmung auf der jeweiligen Seite waren. Je weiter in Richtung 0 die Bewertung auf der linken Seite erfolgte, umso sicherer war sich der Proband in der Riechwahrnehmung in Bezug auf die linke Seite. Je weiter auf der rechten Seite in Richtung 100 bewertet wurde, umso sicherer ist sich der Proband, dass die Wahrnehmung auf der rechten Seite stattfand.

L				R	
0	Links	40	60	Rechts	100

Abbildung 10.: Lateralisierungsskala

Anm. Der graue Balken ist Beispiel für eine mögliche Bewertung durch einen Probanden

3.3.6 Trainingssitzung

Die darauffolgenden 4 Sitzungen bestanden aus Trainingseinheiten. In der BT wurden ein Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT oder auch Reitan Test genannt) und ein Rechentest durchgeführt. Die RT wurde direkt am Olfaktometer mit den beiden Düften PEA und H₂S trainiert.

BT. Der ZVT stellt eine sprachfreie Messung der grundlegenden Intelligenzleistung dar und ist weitestgehend unabhängig von Milieu und von der genetisch abhängigen kognitiven Leistungsfähigkeit. Die Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung wurde gemessen. Es wird ein Zusammenhang zwischen Wahlreaktionstempo und Intelligenz beschrieben (Rindermann und Neubauer 2000). Der Test besteht aus 4 verschiedenen Testmatrizen. Auf einem Blatt Papier sind die Zahlen von 1 bis 50 zufällig verteilt. Diese sollen so schnell wie möglich, in der richtigen Reihenfolge und beginnend mit der kleinsten Zahl, verbunden werden. Die Zeit wird mittels einer Stoppuhr gemessen. Zusätzlich lösten die Probanden 100 Rechenaufgaben auf dem Nintendo DS (Nintendo DS, USA). Dabei müssen 100 Kopfrechenaufgaben möglichst schnell gelöst werden, indem das Ergebnis auf dem Touchscreen geschrieben wird. Dies stellte einen Bereich aus dem Trainingsprogramm aus Dr. Kawashimas Gehirn-Jogging dar (Eccleston 2006).

RT. Das olfaktorische Trainingsprogramm bestand aus 4 Trainingsprotokollen, welche intraindividuell und interindividuell randomisiert wurden. Jedes Trainingsprotokoll gliederte sich in 3 Abschnitte.

Im ersten Abschnitt wurden dem Probanden 10 Duftreize PEA und 10 Duftreize H₂S, von einer Dauer von 250 ms mit entsprechenden Duftfreien Intervallen mit einer Länge zwischen 25 s und 32 s dargeboten. Vor jedem Duftreiz wurde angesagt, auf welcher Seite dieser Duft appliziert wurde. Dies wurde in einem Trainingsprotokoll vermerkt.

Danach wurden im zweiten Abschnitt jeweils 6 Duftgaben mit einer Dauer von 250 ms PEA und 250 ms H₂S dargeboten. Die duftfreien Intervalle zwischen den einzelnen Darbietungen waren zwischen 25 s und 32 s. Die Probanden sollten nach jedem Duftreiz benennen, auf welcher Seite dieser wahrgenommen wurde. Daraufhin gab es eine sofortige Rückmeldung

über die Richtigkeit der Wahrnehmung des Probanden, indem dem Probanden mitgeteilt wurde, auf welcher Seite die Duftdarbietung erfolgte.

Der dritte Abschnitt stellte einen Test dar. In diesem wurde dem Probanden nacheinander 10 Duftreize PEA und 10 Duftreize H₂S mit jeweils 250 ms Dauer dargeboten. Die duftfreien Intervalle beliefen sich ebenfalls zwischen 25 s und 32 s. Nach jedem Stimulus sollte der Proband sagen, auf welcher Seite die Wahrnehmung stattgefunden hat. Dies wurde in einem Trainingsprotokoll festgehalten. Nach Ende des Tests erfolgte eine verbale Auswertung. In dieser wurde dem Probanden mitgeteilt, wie viele von den 20 Duftreizgaben des vorangegangenen Testes richtig wahrgenommen werden konnten.

Während der Trainingssitzungen wurde alternierend mit PEA oder H₂S begonnen und ebenfalls werden alternierend die Röhren, über die die Duftgabe erfolgt, überkreuzt oder nicht überkreuzt. Somit gibt es 2 Trainingsprotokolle für jeden Duft:

1. PEA: überkreuzt (Seiten gewechselt) und nicht überkreuzt (normal)
2. H₂S: überkreuzt (Seiten gewechselt) und nicht überkreuzt (normal)

3.3.7 Posttraining

Die letzte Sitzung, das Posttraining, fand in demselben Modus wie die erste Sitzung statt. Das heißt, die 80 Duftreize wurden in der bereits beschriebenen Form (siehe 3.3.1) bewertet. Zusätzlich erfolgte während der Messung eine EEG Ableitung bei 13 der BT Probanden und 13 der RT Probanden. Zur gleichzeitigen Aufzeichnung eines Elektroenzephalogramms während der olfaktorischen Sitzung, wurden den Probanden Elektroden nach dem 10/20 System auf dem Kopf platziert (Klem et al. 1999). Zuvor wurde der Kopf mit einem Maßband ausgemessen und die Stellen, an welchen die Elektroden platziert wurden, mit einem Stift markiert. Danach erfolgte die Säuberung der Platzierungsstellen mittels einer Reinigungspaste (Skinpur, Nihon Kohden Europe GmbH, Deutschland). Darauf wurde eine Elektrodencreme (EC2-Elektrodencreme, Grass Product Group, Astro- Med. Inc. USA) auf die Elektroden und auf die Kopfhaut platziert und diese auf die jeweiligen Punkte der Kopfhaut aufgebracht (Abbildung 11). Die Elektroden waren mit einem Kabel an einen dafür vorgesehenen Amplifier konnektiert. Dieser Amplifier wurde mittels einer Software an das Olfaktometer gekoppelt. Damit konnten die Potentiale in demselben Fenster, in dem auch die Kontrolle der olfaktorischen Reizgabe erfolgte, beobachtet werden.



3.4 Olfaktometrie

Die Olfaktometrie ist die Bestimmung des menschlichen Geruchsvermögen an riechenden Medien (Kobal und Plattig 1978). Dabei können Wahrnehmungs- und Erkennungsschwelle, sowie höhere Riechleistung überprüft werden. Es wird zwischen „objektiver“ und „subjektiver“ Olfaktometrie unterschieden. Die diagnostische Überprüfung der Riechwahrnehmung spielt eine große Rolle in der Hals-Nasen- und Ohrenheilkunde sowie in der Neurologie.

3.4.1 Aufbau des Olfaktometers

Das Olfaktometer (Abbildung 12) ist ein computergesteuertes Gerät, mit welchem genau definierte olfaktorische Reize gegeben werden können, ohne die aktive Teilnahme der zu untersuchenden Person (Kobal et al. 1989).

Es wurde das Forschungsolfaktometer OM6b der Firma Burghart (Burghart Medizintechnik, Elektro-und Feinmechanik GmbH, Deutschland) verwendet. Als Reizstoffe wurden das gasförmige H_2S sowie das flüssige PEA verwendet.



Abbildung 12.: Olfaktometer mit seinen Bestandteilen

Das Olfaktometer ist geeignet für Messung von Riechschwellen, Ableitung Olfaktorisch Evozierter Potentiale (OEP) und Elektrolfaktogramme (EOP), eEstellung von Gutachten, quantitativer Schmerzmessung mit CO_2 , sowie Versuche mit der Magnetresonanztomographie (MRT). Mittels Mundatmung kann erreicht werden, dass der Reiz nicht durch die Atmung beeinflusst wird. Von dem Probanden wird nur der Riechreiz wahrgenommen, andere sensorische Afferenzen werden beim Schaltvorgang nicht erregt (Forster et al. 2004). Es wird ein Luftstrom von 7,8 l/min auf Körpertemperatur erwärmt und auf >60 % relative Luftfeuchte angefeuchtet. Mit diesem Gerät ist es möglich einen Reizstoff birhinal im flüssigen oder gasförmigen Zustand und in unterschiedlicher Konzentration randomisiert zu applizieren.

Es ist ein nichtinvasives Verfahren und kann sowohl zur Aufzeichnung olfaktorisch evozierter Potentiale (OEP) als auch für Versuche mit dem MRT verwendet werden.

Zur Applikation der Düfte werden zwei Luftströme mittels Teflonschläuchen von 2-3 mm Innendurchmesser parallel zu den beiden Nasencavi geführt. Dabei strömt ein Reinluftstrom kontinuierlich in beide Nasenhöhlen, welcher kurzzeitig durch die jeweilig gewählte Duftgabe unterbrochen wird. Generell setzt sich der Luftstrom zusammen aus:

- Control (C=Reinluft)
- Dilution (D=Verdünnungsluft)
- Odorant (O=Duftstoff): hier PEA und H_2S

Am Ausgang des Olfaktometers, dem Schaltstück, ist eine Absaugung (Main Exhaust) angebracht. Über diese wird eingestellt, ob der Proband entweder nur Control (Reinluft) oder nur Dilution (Verdünnungsluft) und Odorant (Duftstoff), also O+D zugeführt bekommt.

Damit wird geregelt, dass die Schaltzeit zwischen Reiz und Interstimulusintervall (ISI), dem Zeitraum zwischen den Reizstimulationen, minimal bleibt. Während des Interstimulusintervalls (ISI) findet eine Absaugung des Odorant und Dilution Gemisches über eine Vakuumströmung statt. Den Probanden erreicht in diesem Zeitraum lediglich die Control-Strömung, also die Reinluft. Während der Reizgabe (Stimulus) wird die Absaugung umgeschaltet und es wird nun die Control-Strömung abgesaugt. Zum Probanden wird das Gemisch aus Odorant und Dilution geleitet. Über einen Computer können die Auslösung des Reizes, Reizdauer und das Reizintervall gesteuert werden.

Aufgrund des Prinzips eines kontinuierlich fließenden Luftstroms mit 7,8 l/min wird eine mechanische Reizung verhindert (Livermore und Hummel 2004) und das Umschalten zwischen Control-Strömung (Reinluft) und Dilution und Odorant (Duftströmung) nicht als Luftstoß wahrgenommen (Rombaux et al. 2006).

Alle verwendeten Strömungen werden mittels eines widerstandsfreien Flussmessers GilibratorTM (Firma Sensidyne^R, USA) kalibriert. Im Anreicherungsmodul findet die Befeuchtung der Luft statt. Ein Zuluftstrom wird in das Frittenrohr und in die sich darin befindliche Flüssigkeit geleitet. Dieser Zuluftstrom wird entweder im Anreicherungsmodul mit Duftmolekülen im Falle des Odorants (Duftstoffluft) angereichert, oder der Zuluftstrom wird mit destilliertem Wasser, im Falle der Control-(Reinluft) oder Dilution (Verdünnungsluft), gesättigt. Die Luft wird durch ständige Umströmung in einem Wasserbad auf 40°C erwärmt und erreicht den Ausgang des Schaltstückes über einen Teflonschlauch mit einer Temperatur von 36°C.

Zeitgleich wird während der Reizung im Posttraining ein EEG abgeleitet. Ein Kanalverstärker (Bandpass 1-30 Hz, SIR, Erlangen, Deutschland) verstärkt das EEG Signal. Mittels einer Abtastrate von 250 Hz wird es digitalisiert (in einem integrierten Analog-Digital-Konvertierer) und beginnend 530 ms vor jedem Stimulus über 2048 ms aufgezeichnet. Durch eine Average-Technik wird das OEP von dem EEG-Hintergrundrauschen getrennt. Mit einem zugehörigen Auswertprogrammen (EPEvaluate, Kobal, Erlangen, Deutschland) wird die Auswertung, Filterung und Artefaktkorrektur vorgenommen.

Die Bezeichnung der Elektroden ist folgendermaßen nach einheitlicher internationaler Nomenklatur festgelegt: Fz (frontal), Cz, (zentral), Pz (parietal), C3 (zentral links) und C4 (zentral rechts). Diese werden monopolar gegen zwei Referenzelektroden am Mastoid A1 (Ohrläppchen links) und A2 (Ohrläppchen rechts) abgeleitet, angelehnt an: Guideline 5: Guidelines for standard electrode position nomenclature (2006). Da Augenzwinkern einen unmittelbar starken Effekt auf die Abbildung des EEGs hat, wird dieses über eine FpZ Elektrode („Zwinkerelektrode“ über der Augenbraue) abgeleitet.

Die durchschnittliche Amplitude beträgt 10 μV und 100 μV . Um ein verzerrungsfreies Signal zu erhalten, wird die Kopfhaut mit einer elektrolythaltigen Paste (EC2- Elektrodencreme, Grass Product Group, Astro- Med. Inc., USA) gereinigt und eingerieben. Wie in Abbildung 13 zu erkennen ist, werden die Elektroden in der Mittellinie und an der lateralen Seite des Kopfes platziert.

Um eine störfreie Reizaufnahme zu gewährleisten wurden die Probanden abgeschirmt. Eine visuelle Abschirmung erfolgte in einem dafür vorgesehenem Kompartiment. Die akustische Reizabschirmung erfolgte durch ein über Kopfhörer eingespieltes, standardisiertes Rauschen. Die Probanden wurden über das Problem der Artefaktbildung informiert und dazu angehalten, möglichst wenig zu blinzeln und die Gesichtsmuskulatur zu entspannen.

3.5.1 Olfaktorisch Evozierte Potentiale (OEPs)

Evozierte Potentiale sind gezielt ausgelöste elektrische Phänomene, die auf die Reizung eines peripheren Nerven, hier des Geruchssystems, ein elektrisches Potential in der zentralnervösen Verarbeitungsregion hervorrufen. Sie werden über der Schädeldecke abgeleitet und können wichtige Informationen darüber liefern, wie zentralnervöse Verarbeitungsprozesse im menschlichen Gehirn ablaufen. Im OEP sind die abgeleiteten Amplituden sehr klein, meist unter 20 μV , und dadurch störanfälliger als ein spontanes EEG. Durch Mittelung, „Averaging“ der Reizantwort, können Stimulus spezifische Antwortsignale extrahiert und vom Hintergrundrauschen getrennt betrachtet werden. Das Hintergrundrauschen wird durch die Antwortartefakte gebildet. Antwortartefakte bilden sich meist auf Grund somatosensibler Reizung, durch trigeminale Aktivierung und muskulärer Reizungen, wie das Augenzwinkern. Durch sorgfältige Einstellung und Überwachung des Olfaktometers und der Reizantworten können diese verhindert werden. Die durch olfaktorische Reize hervorgerufenen Summenpotentiale werden nach ihrer spezifischen Amplitude, Latenz und Wellenform evaluiert (Delank 1998).

Dazu werden mindestens 8-10 Einzelsignale eines Probanden einbezogen. Es wird zwischen positiven und negativen Amplitudenmaxima unterschieden. In den frühen Anteilen

ereigniskorrelierter Potentiale sind physikalische Komponente wie Reizqualität wiederzufinden. In den späteren dagegen bilden sich eher kognitive Prozesse ab.

Die Antworten auf einen Riechreiz werden mit den Buchstaben „P“ für positive und „N“ für negative Spannungsschwankungen benannt. Es stellt das zwischen den Ableitelektroden bestehende Differentialpotential dar. Für gewöhnlich werden die Elektroden so geschaltet, dass eine relative Negativierung der differenten Elektrode einen Ausschlag nach oben und eine Positivierung einen Ausschlag nach unten bedeutet.

Ein typisches OEP (Abbildung 14) setzt sich zusammen aus einem ersten positiven Ausschlag P1 nach olfaktorischer Reizung. Danach kommt eine große Negativität N1 gefolgt von einer späten Positivierung P2 (Rombaux et al. 2006). Nach anglo-amerikanischer Schreibweise werden diese als P1, N1, P2 benannt. Die Bezeichnung später Positivierungen im OEP ist nicht einheitlich. Eine späte Positivierung wird P3 Komponente genannt. Es wird angenommen, dass hier die Verarbeitung von kognitiven und emotionalen Duftanteilen stattfindet (Pause und Krauel 2000). Dieser Peak ist derzeit weiterhin Gegenstand weiterer Untersuchungen und wird in der vorliegenden Studie nicht erfasst.

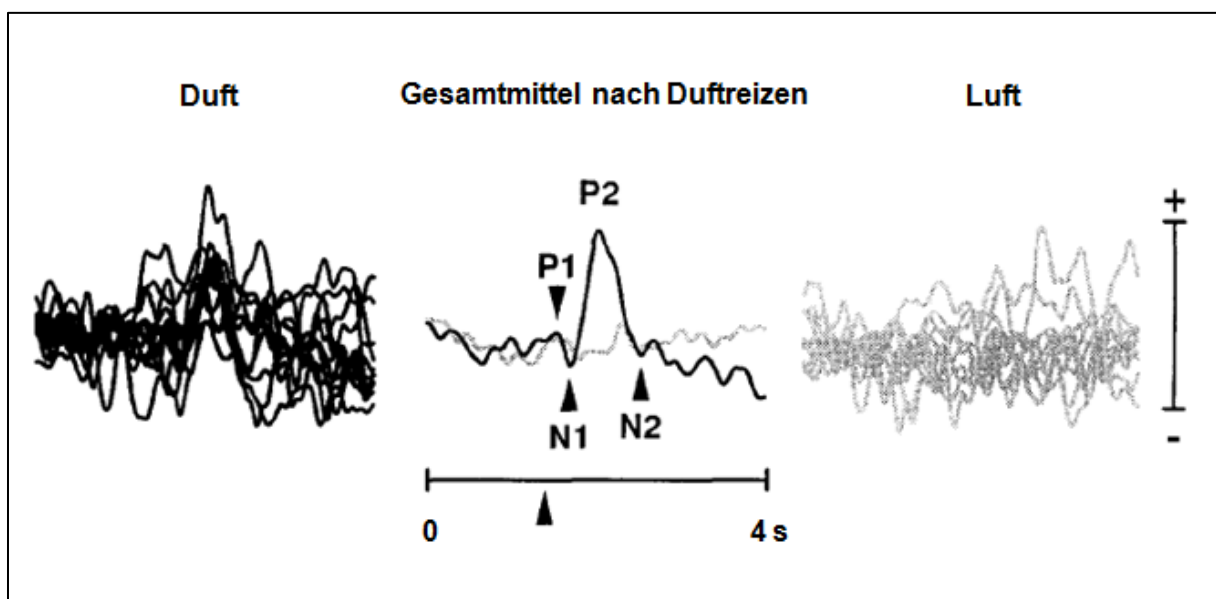


Abbildung 14.: OEP nach Duftreizung und Kontrollstimulus (Luft)

Anm. Horizontale Skala: Zeitraum von 4 s, Pfeil: Zeitpunkt der Reizung; Vertikale Skala: Ausschlag von 20 μV im linken und rechten Bild und 10 μV im mittleren. Positive Ausschläge werden nach oben dargestellt, modifiziert (Evans et al. 1995)

Die Peaks des OEPs werden zur Beurteilung in zwei Gruppen unterteilt. Exogene Reizkomponenten, wie Intensität und Reizqualität, stellen die frühen Peaks, wie N1 dar. Endogene Reizkomponente, wie Vertrautheit und aktuelle Verfassung des Probanden, werden durch spätere Peaks, wie P2 dargestellt (Pause et al. 1996). Rein olfaktorische Stimuli aktivieren Neurone in den anterozentralen Inselanteilen, im präinsulären Kortex und

im Sulcus temporalis superior (Kettenmann et al. 1997). Es wurde schon wiederholt die dominierende Rolle der rechten Hemisphäre in der Duftreizverarbeitung beschrieben (Zatorre et al. 2000; Daniels et al. 2001).

Der Peak N1 ist Ausdruck für die Verarbeitung exogener Reizeigenschaften in Abhängigkeit des endogenen Zustandes der Person. Die Amplitude des N1 Gipfels hängt ab von den Veränderungen des Stimulus selbst und seiner Intensität. Bei reinen olfaktorischen Düften ist sie unabhängig von deren Intensität. Hingegen wird die Latenz des N1 Peaks mit zunehmender Konzentration des Duftstoffes kürzer (Pause und Krauel 2000). Es konnte gezeigt werden, dass eine aktiv erhöhte Aufmerksamkeit die Latenz des N1 Peaks verkürzt und keinen Einfluss auf deren Amplitude hat (Pause et al. 1997). Das sind Hinweise darauf, dass vermehrte Aufmerksamkeit zu einer schnelleren sensorischen Verarbeitung führt.

Bezüglich der Lateralisierung konnten Kobal et al. zeigen, dass nicht trigeminale Duftreize mit Vanilin höhere Amplituden für das linke Nasenloch im Vergleich zum rechten Nasenloch zeigten. Auch konnte eine längere Latenz bei linksseitig stimuliertem Nasenloch im Vergleich zum rechtsseitig stimuliertem Nasenloch gezeigt werden (Kobal et al. 1992). Olofsson et al. hingegen zeigten, dass die Seite des stimulierten Nasenlochs keinen Einfluss auf die Amplitude oder Latenz hatte. Es konnte eine generelle Stimulierung der linkshemisphärischen Seite gezeigt werden (Olofsson et al. 2006).

3.6 Statistische Auswertung

Die statistische Erfassung und graphische Darstellung erfolgte mit dem Programm SPSS 17 (SPSS Inc., USA). Die Darstellung der demographischen Parameter fand deskriptiv statt. Die Auswertung der Hypothesen erfolgt mittels T-Test und/oder mittels Varianzanalyse. Das Alpha-Signifikanzniveau wurde bei $p \leq 0,05$ bzw. $p \leq 0,01$ angesetzt.

Nach Prüfung der Voraussetzung für die statistischen Verfahren wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov Test die Normalverteilung der abhängigen Variablen bestätigt. Es wurde auch festgestellt, ob das Datenniveau mit Intervallskalierung die Voraussetzung für eine statistische Auswertung erfüllt war. Der T-Test erfolgte für unabhängige Stichproben zum Vergleiche von Mittelwertdifferenzen zwischen den beiden Gruppen. Die Varianzanalyse für Messwiederholungen (ANOVA, Analysis of variance) hat zum Ziel, eine statistische Signifikanz der Messwertunterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten Prätraining und Posttraining für die beiden Gruppen BT (Brainjogginggruppe) und RT (Riechtrainingsgruppe) aufzuweisen. Die Freiheitsgrade wurden nach Greenhouse-Geisser korrigiert und nach dem F-Wert in Klammern angegeben.

Im Falle der OERP Erfassung (Positionen Fz, Cz, Pz, C3 und C4) wurde überprüft, welchen Einfluss die Zuordnung zu den 2 Gruppen (BT, RT), zu den 2 Düften (H₂S, PEA) und zu den zwei Seiten (Links, Rechts) auf die Variablen Basis-Spitzen Amplitude der Peaks P1 N1, P2 und der Latenzzeiten hatte. Zur Überprüfung von signifikanten Unterschieden zwischen den beiden Gruppen (BT und RT) wurde eine ANOVA durchgeführt.

4. Ergebnisse

4.1 Psychophysische Untersuchung

Deskriptive Statistik. Es wurden 52 normosmische, gesunde, rechtshändige Frauen untersucht, die an 6 Sitzungen teilnahmen. Es erfolgte eine Unterteilung in 2 homogene Gruppen (Abbildung 15):

1. Riechtraining (RT, 27 Probanden, Alter $23,2 \pm 3,01$ in Jahren)
2. Brainjogging (BT, 26 Probanden, Alter $23,4 \pm 3,59$ in Jahren)

Es gab keinen relevanten Unterschied im Alter ($T=0,23$; $p=0,39$) oder olfaktorischem Interesse (siehe Fragebogen „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“) ($T=0,05$; $p=0,97$) zwischen den beiden Gruppen.

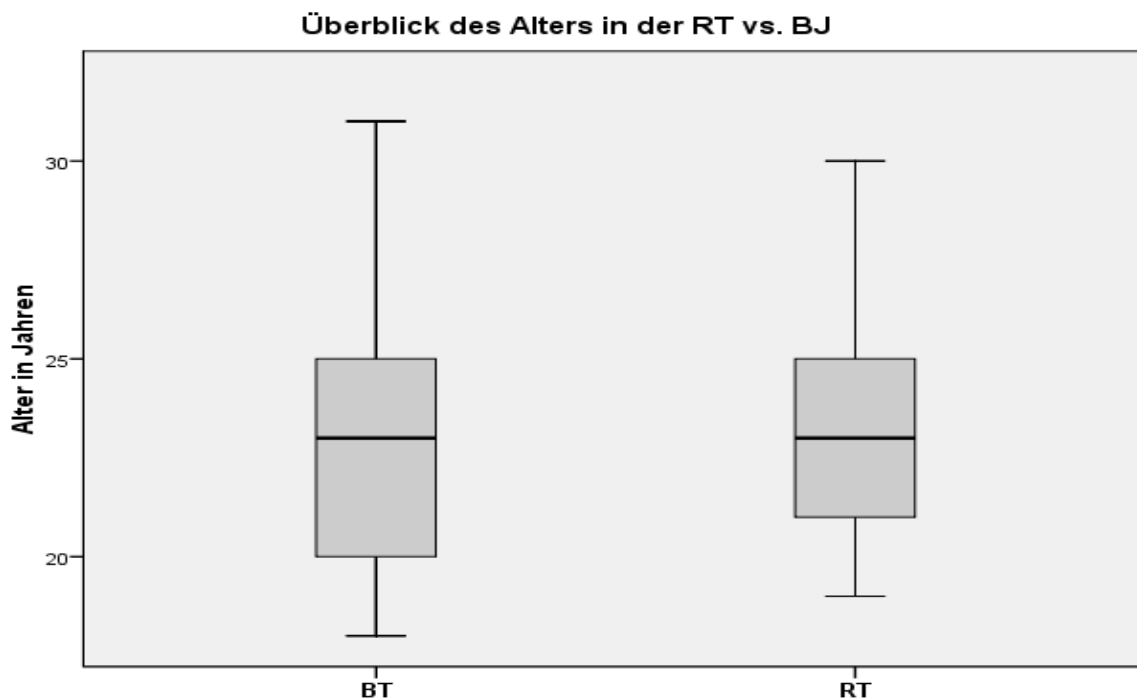


Abbildung 15.: Altersverteilung der Probanden

Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe

Screening. Bei der Betrachtung der Gesamtgruppe mittels „12er Sniffin‘ Stick“ Test und HNO Screening Fragebogen zeigten sich folgende Ergebnisse (Tabelle 2).

Tabelle 2.: Prozentangaben der Variablen im Sniffin' Stick Test und im HNO Screening–Fragebogen für alle Probanden

Variablen	in %
Anzahl der Probanden in RT	51,9
Anzahl der Probanden in BT	48,1
Sniffin' Stick Test = 10 *	15,4
Sniffin' Stick Test = 11 *	38,5
Sniffin' Stick Test = 12 *	46,1
HNO relevante Krankheiten	30,8
Kopf Operation	46,2
Alkoholkonsum= nein	13,5
Alkoholkonsum= gelegentlich	86,5
Rauchabusus= ja	21,1
Rauchabusus= nein	78,9
Pilleneinnahme= ja	65,4
Pilleneinnahme=nein	34,6
Riechvermögen≥ normal	98,0
Riechvermögen< normal	1,9

Anm. *=Ergebnis des Sniffin' Stick Test in Punktwerten

Im Screening zeigte sich, dass die Anzahl der Teilnehmer in beiden Gruppen nahezu gleich war. Im Sniffin' Stick Test erkannte fast die Hälfte der Teilnehmer alle dargebotenen Düfte. Ungefähr ein Drittel gab an im HNO-Bereich schon einmal erkrankt gewesen zu sein. Fast die Hälfte der Teilnehmer hatte bereits eine Operation im Kopfbereich vor Beginn der Studie. Mehr als zwei Drittel gaben an, gelegentlich Alkohol zu konsumieren. Ungefähr zwei Drittel gaben an nicht zu Rauchen. Kontrazeptiva wurden von mehr als der Hälfte der Teilnehmer eingenommen. Fast alle Teilnehmer schätzten ihr Riechvermögen als normal oder besser als normal ein. In

Tabelle 3 sind die spezifischen Antworten des Gruppenvergleiches zu sehen. HNO relevante Erkrankungen kamen in der BT etwas häufiger vor als in der RT. Operationen im Kopfbereich wurden von der RT häufiger angegeben als in der BT. Der Alkoholkonsum war in der BT niedriger als in der RT. Der Rauchabusus war in der BT höher als in der RT. Die RT schätzte ihr subjektives Riechvermögen im Vergleich zu anderen höher ein als in der BT. Beide Gruppen schätzten sich durchweg als Rechtshänder ein, mit Ausnahme eines Probanden in der BT, der sich als umgelernte Linkshänderin einschätzte. In beiden Gruppen gab es jeweils einen Probanden mit linkshändigen Geschwistern.

Tabelle 3.: Mittelwerte und Standardabweichung des Antwortverhaltens Sniffin' Sticks Test, HNO Screening Fragebogen und Händigkeitsfragebogen

Variablen	BT (n=25)		Wertung im FB	RT (n=27)		Wertung im FB
	Mw	Sd		Mw	Sd	
Sniffin' Sticks R	11,20	0,76	≥10=normosmisch	11,41	0,69	≥10=normosmisch

Sniffin' Sticks L	11,20	078	≥10=normosmisch	11,67	0,56	≥10=normosmisch
HNO rel. Krh.	1,36			1,26		
OP Kopf	1,36	049	1=nein, 2=ja	1,56	0,51	1=nein, 2=ja
Alkoholkonsum	1,80	0,41	1=nein 2=gelegentlich 3=ja	1,93	0,27	1=nein 2=gelegentlich 3=ja
Rauchen	1,64	0,86	1=nein 2=nein, nicht mehr	1,48	0,8	1=nein 2=nein, nicht mehr
Pilleneinnahme	2,32	0,80	1=nein 2=nein, nicht mehr 3=ja	2,70	0,61	1=nein 2=nein, nicht mehr 3=ja
Subjektive Riechvermögen im Vgl. zu anderen	3,48	0,96	1= sehr gut 2=deutlich besser 3=etwas besser 4=normal	3,67	0,73	1= sehr gut 2=deutlich besser 3=etwas besser 4=normal
Händigkeit	17,20		≥11=Rechtshänder	17,40		≥11=Rechtshänder
Linkshändige Geschwister	1		Anzahl	1		Anzahl
Umgelernte Linkshänder	1		Anzahl	0		Anzahl

Anm. FB=Fragebogen, BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe, n=Anzahl der Probanden, R=Rechts, L=Links, Mw=Mittelwert, Sd=Standardabweichung

Fragebogen „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“

Prätraining. Die Einteilung der Kategorien erfolgte wie bereits im Material und Methoden Teil beschrieben (siehe 3.2). B ist die Assoziations- und Bewertungsskala, A die Anwendungsskala, K die Konsequenzskala und L stellt die Lügenskala dar. In der BT wurden die Daten von 25 und in der RT von 27 Probanden berücksichtigt.

Wie der Tabelle 4 entnommen werden kann, wichen die Mittelwerte in keiner der genannten Kategorien voneinander ab, was durch den T-Test bestätigt wurde (Tabelle 5). Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bei einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$.

Tabelle 4.: Mittelwerte und Standardabweichungen des FB im Prätraining „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“

Kategorie des FB	BT		RT	
	Mw	Sd	Mw	Sd
Summe aller B	11,00	2,27	10,78	2,68
Summe aller A	24,45	3,27	23,63	4,27
Summe aller K	15,68	2,78	15,38	2,95
Summe aller L	05,52	1,33	05,67	1,07
Summe aus B,A,K	51,12	6,60	49,78	8,71

Anm. FB= Fragebogen, BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe, Mw=Mittelwert, Sd=Standardabweichung, B=Assoziation und Bewertung der olfaktorischen Wahrnehmung, A=Anwendung des Riechsinnnes, K=Konsequenz aus Riechwahrnehmung, L=Lügenskala

Tabelle 5.: T-Test für unabhängige Stichproben des FB im Prätraining „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“

Kategorie des FB	T-Test für unabhängige Stichproben	
	T-Wert	p-Wert
Summe aller B	0,32	0,75
Summe aller A	0,76	0,45
Summe aller K	0,39	0,70
Summe aller L	-0,44	0,66
Summe aus B,A,K	0,62	0,54

Anm. FB= Fragebogen, B=Assoziation und Bewertung der olfaktorischen Wahrnehmung, A=Anwendung des Riechsinnnes, K=Konsequenz aus Riechwahrnehmung, L=Lügenskala

Nachuntersuchungsfragebogen. Für die Auswertung konnten die Daten von 15 Probanden in der BT und 17 Probanden der RT berücksichtigt werden. Die Mittelwerte der Summen sind in Tabelle 6 für beide Gruppen dargestellt. Der Tabelle 6 kann entnommen werden, dass im T-Test keine der Kategorien B, A, K signifikant voneinander abwichen. Nur die Kategorie L zeigte einen signifikanten Effekt (T= -3,37; p= 0,00) im T-Test.

Tabelle 6.: Mittelwerte und Standardabweichungen des FB in der Nachuntersuchung „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“

Kategorie des FB	BT		RT	
	Mw	Sd	Mw	Sd
Summe aller B	10,4	2,67	11,47	2,21
Summe aller A	11,8	2,46	12,12	2,26
Summe aller K	12,33	2,06	13,3	1,93
Summe aller L	4,8	1,08	6	0,94
Summe aus B,A,K	34,53	5,22	34,41	9,61

Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe, Mw=Mittelwert, Sd=Standardabweichung, B=Assoziation und Bewertung der olfaktorischen Wahrnehmung, A=Anwendung des Riechsinnnes, K=Konsequenz aus Riechwahrnehmung, L=Lügenskala

Tabelle 7.: T-Test für unabhängige Stichproben des FB in der Nachuntersuchung „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“

Kategorie des FB	T-Test für unabhängige Stichproben	
	T-Wert	p-Wert
Summe aller B	-0,24	0,22
Summe aller A	-0,38	0,71
Summe aller K	-1,37	0,18
Summe aller L	-3,37	0,00**
Summe aus B,A,K	0,05	0,97

Anm. FB=Fragebogen, **=p≤0,01, B=Assoziation und Bewertung der olfaktorischen Wahrnehmung, A=Anwendung des Riechsinnnes, K=Konsequenz aus Riechwahrnehmung, L=Lügenskala

Vergleich der Messzeitpunkte. Um zu vergleichen, ob es einen Unterschied zwischen den zwei Messzeitpunkten innerhalb einer Gruppe und zwischen den beiden Gruppen BT und RT gab, wurde eine ANOVA mit Messwiederholung durchgeführt (Tabelle 8). Als Kontrast wurde der Helmert-Kontrast verwendet und nach Greenhouse-Geißer korrigiert. Es konnte für einzelne Kategorien Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten innerhalb einer Gruppe als auch zwischen den Gruppen gefunden werden. Für die Kategorie B, Assoziation und Bewertung der olfaktorischen Wahrnehmung, des Fragebogens konnte weder innerhalb ($F[1; 30]=0,65; p=0,43$) noch zwischen den Gruppen ($F[1; 30]=2,44; p=0,13$) signifikante Unterschiede gefunden werden. Für die Kategorie A, A=Anwendung des Riechsinn, konnte ein signifikanter Unterschied innerhalb der Gruppen und zwischen den Messzeitpunkten festgestellt werden ($F[1; 30]=302,45; p=0,00$) (Abbildung 16). Zwischen den Gruppen zeigte sich für A kein Effekt ($F[1; 30]=0,68; p=0,42$). Für die Kategorie K, Konsequenz aus Riechwahrnehmung, konnte ebenfalls ein signifikanter Unterschied zwischen den Messzeitpunkten innerhalb einer Gruppe ($F[1; 30]=35,26; p=0,00$) (Abbildung 17), aber nicht zwischen den Gruppen festgestellt werden ($F[1; 30]=1,56; p=0,22$). Für die Kategorie L, Lügenskala, konnte kein Effekt innerhalb einer Gruppe festgestellt werden ($F[1; 30]=0,13; p=0,72$), aber es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppe ($F[1; 30]=5,45; p=0,03$) (Abbildung 18). Für die Kategorie B/A/K fand sich ein signifikanter Unterschied innerhalb der Messzeitpunkte als Zeiteffekt ($F[1; 30]=61,73; p=0,00$) (Abbildung 19), aber nicht zwischen den Gruppen ($F[1; 30]=0,04; p=0,85$).

Tabelle 8.: Varianzanalyse (ANOVA) des FB „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“

Kategorie	Variable	ANOVA F-Wert	p-Wert
Kategorie B	Sitzung	0,65	0,43
	Gruppe	2,44	0,13
Kategorie A	Sitzung	302,45	0,00**
	Gruppe	0,68	0,42
Kategorie K	Sitzung	35,26	0,00**
	Gruppe	1,56	0,22
Kategorie L	Sitzung	0,13	0,72
	Gruppe	5,45	0,03*
Kategorie B/A/K	Sitzung	61,73	0,00**
	Gruppe	0,04	0,85

Anm. FB=Fragebogen, *= $p \leq 0,05$, **= $p \leq 0,01$, B=Assoziation und Bewertung der olfaktorischen Wahrnehmung, A=Anwendung des Riechsinn, K=Konsequenz aus Riechwahrnehmung, L=Lügenskala, Sitzung (Prä- und Posttraining), Gruppe (BT, RT), BT=Brainjogging, RT=Riechtraining

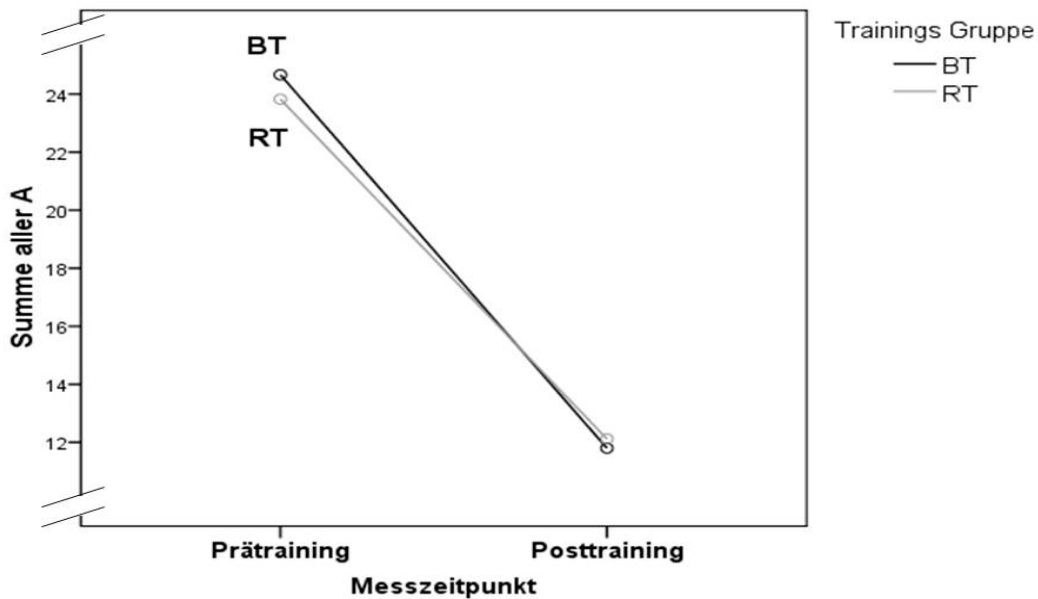


Abbildung 16.: Varianzanalyse (ANOVA): Summe aller A im FB „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“

Anm. FB= Fragebogen, BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe, A=Anwendung des Riechsinnnes

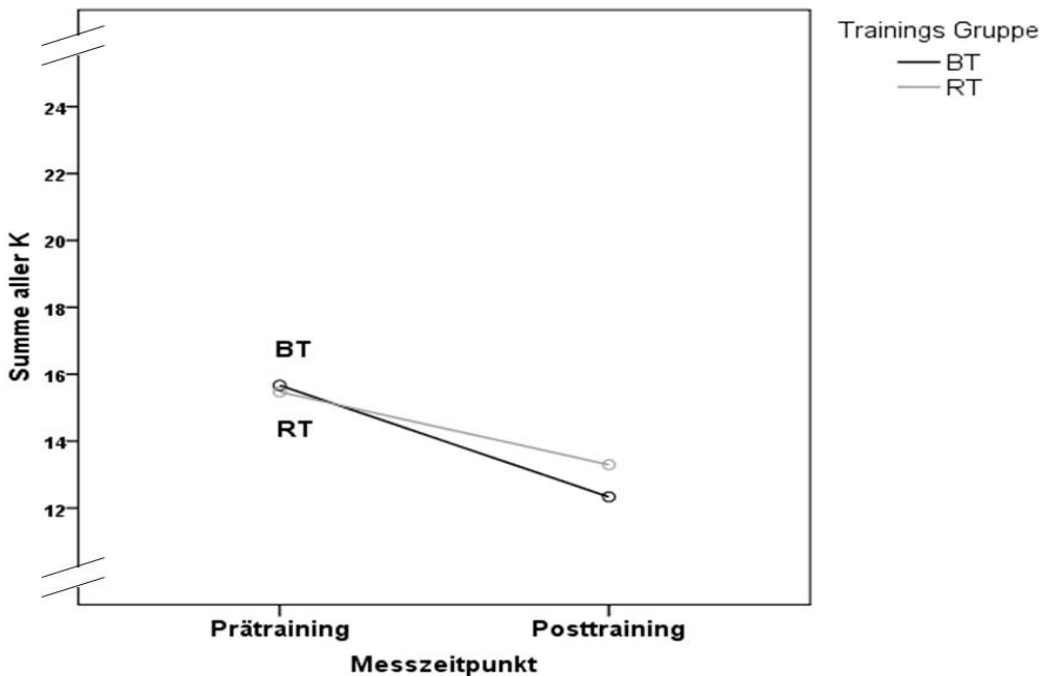


Abbildung 17.: Varianzanalyse (ANOVA): Summe aller K im Follow up im FB „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“

Anm. FB= Fragebogen, BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe, K=Konsequenz aus Riechwahrnehmung

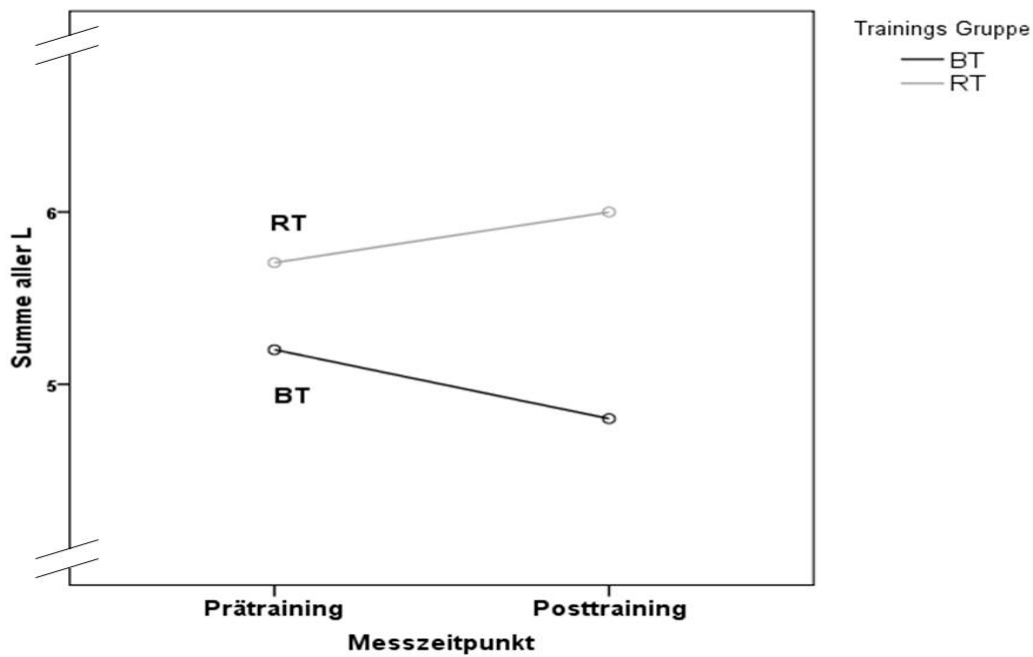


Abbildung 18.: Varianzanalyse (ANOVA): Summe aller L im Follow up im FB „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“

Anm. FB= Fragebogen, BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe, L=Lügenskala

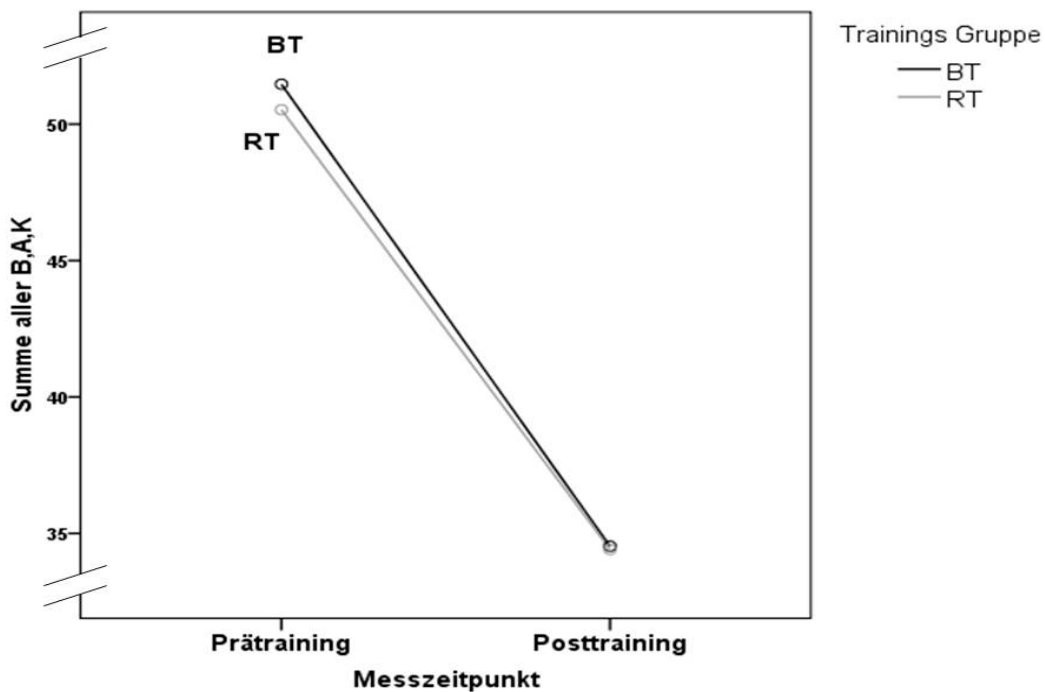


Abbildung 19.: Varianzanalyse (ANOVA): Summe aller B, A, K im Follow up im FB „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“

Anm. FB=Fragebogen, BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe, A=Anwendung des Riechsinn, K=Konsequenz aus Riechwahrnehmung, L=Lügenskala

4.1.1 Identifizierung und Lateralisierung von Riechstimuli

Es wurden pro Seite (Rechts, Links) jeweils 20 Duftreize pro Duft (PEA, H₂S) appliziert. Zunächst wurden im ersten Teil die beiden Düfte (PEA, H₂S) darauf untersucht, wie viele der passiv applizierten Düfte auf der Seite erkannt werden konnten, auf der sie gegeben wurden. Damit bezieht sich diese Berechnung auf die richtig identifizierten Riechstimuli. Danach wurden im zweiten Teil die beiden Düfte (PEA, H₂S) differenziert nach den beiden Seiten (Links, Rechts) auf Seitendifferenzen untersucht. Es wurde auch der zeitliche Verlauf (Prä-, Posttraining) berücksichtigt.

Identifizierung von Riechstimuli. Ungeachtet des gegebenen Duftes, zeigte sich ein allgemeiner Unterschied in den Mittelwerten zwischen den beiden Sitzungen (Prä-, Posttraining) (Tabelle 9). In der Varianzanalyse (Tabelle 10) zeigte sich kein signifikanter Interaktionseffekt zwischen Sitzung (Prä-, Posttraining) als Zeitfaktor und Gruppe (BT, RT) ($F[1,50]=4,03$; $p=0,05$), (Abbildung 20). Der Zeiteffekt durch die Sitzungen alleine war nicht signifikant ($F[1,50]=3,72$; $p=0,06$). Ebenfalls nicht signifikant waren Sitzung*Seite und Sitzung*Duft*Seite.

Tabelle 9.: Mittelwerte und Standardabweichungen richtig identifizierter Riechstimuli

Sitzung	Gruppe	Mw	Sd
Prätraining	BT	8,44	1,92
	RT	8,64	2,54
Posttraining	BT	8,40	2,53
	RT	10,67	3,28

Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe, Mw=Mittelwert, Sd=Standardabweichung

Tabelle 10.: Varianzanalyse (ANOVA) richtig identifizierter Riechstimuli und Lateralisierung

Variablen	ANOVA	
	F-Wert	p-Wert
Sitzung	3,72	0,06
Sitzung*Gruppe	4,03	0,05*
Duft	0,29	0,60
Duft*Gruppe	0,02	0,89
Seite	0,01	0,92
Seite*Gruppe	0,21	0,65
Sitzung*Duft	0,04	0,85
Sitzung*Seite	3,14	0,08
Sitzung*Duft*Gruppe	2,61	0,11
Sitzung*Duft*Seite	3,54	0,06

Anm. *= $p \leq 0,05$, **= $p \leq 0,01$

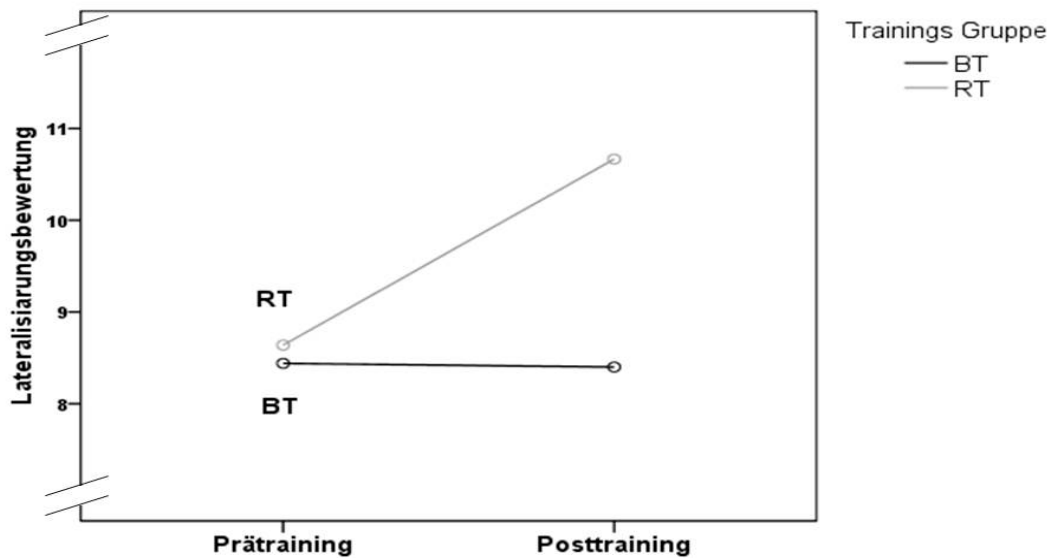


Abbildung 20.: Lateralisierungsbewertung unabhängig vom Duft für BT und RT

Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe

PEA. Die Varianzanalyse (

Tabelle 12) zeigte folgende Ergebnisse. Innerhalb der jeweiligen Gruppe stellte sich ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen den Sitzungen (Prä-, Posttraining) als Zeitfaktor und den beiden Sitzungen dar (Prä-, Posttraining) ($F[1,50]=4,87$; $p=0,032$). Allerdings erwies sich das unabhängig davon, in welcher Gruppe (BT, RT) sich der Proband befand ($F[1,50]=0,53$; $p=0,47$, (Abbildung 21).

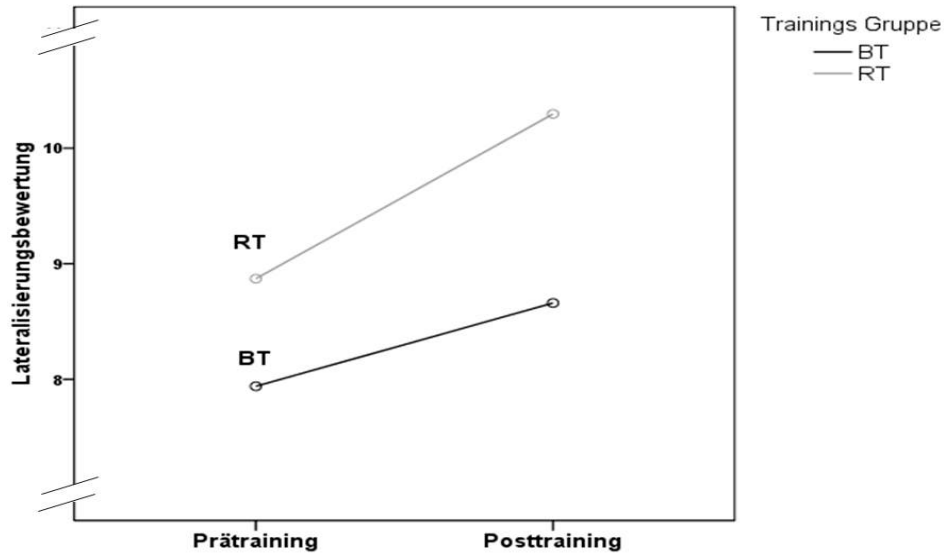


Abbildung 21.: Lateralisierungsbewertung: PEA
 Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe

H₂S. (Tabelle 11) Die Varianzanalyse (

Tabelle 12) zeigte folgende Ergebnisse. Innerhalb der jeweiligen Gruppe fanden sich kein signifikanter Effekt für die Sitzung (Prä-, Posttraining) als Zeitfaktor allein ($F[1,50]=1,29$; $p=0,26$). Allerdings gab es einen signifikanten Interaktionseffekt zwischen Sitzung (Prä-, Posttraining) und Gruppe (BT, RT) ($F[1,50]=4,53$; $p=0,04$), (Abbildung 22).

Tabelle 11.: Mittelwerte und Standardabweichungen richtig identifizierter Riechstimuli

Duft	Gruppe	Prätraining		Posttraining	
		Mw	Sd	Mw	Sd
H ₂ S	BT	8,94	2,88	8,14	3,89
	RT	8,41	2,92	11,04	5,07
PEA	BT	7,94	1,92	8,66	2,24
	RT	8,87	3,15	10,3	3,06

Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe, Mw=Mittelwert, Sd=Standardabweichung

Tabelle 12.: Varianzanalyse (ANOVA) richtig identifizierter Riechstimuli

Duft	Variable	ANOVA	
		F-Wert	p-Wert
PEA	Sitzung	4,87	0,03*
	Sitzung*Gruppe	0,53	0,47
H ₂ S	Gruppe	1,29	0,26
	Sitzung*Gruppe	4,53	0,04*

Anm. Sitzung (Prä- und Posttraining), Gruppe (BT=Brainjogging und RT=Riechtraining), *= $p \leq 0,05$

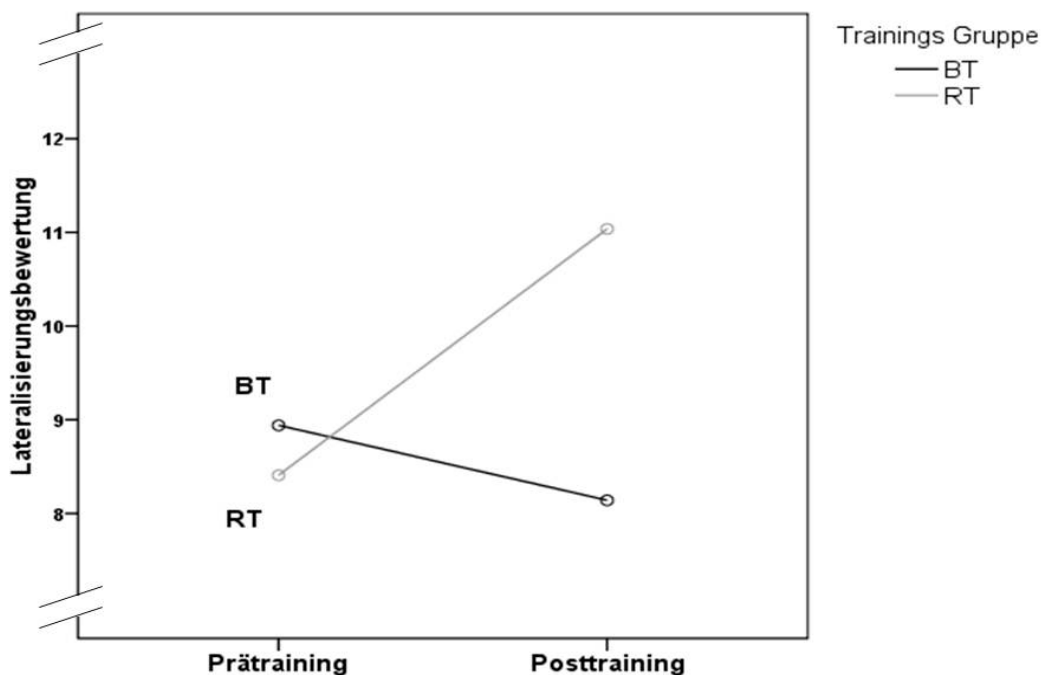


Abbildung 22.: Lateralisierungsbewertung: H₂S

Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe

Lateralisierung von Richstimuli. Es wurden die beiden Düfte (PEA, H₂S) differenziert nach der jeweilige Seite (Rechts, Links) hinsichtlich der richtigen Identifizierung untersucht. Die Sitzung (Prä-, Posttraining) wurde ebenfalls berücksichtigt (Tabelle 13).

Tabelle 13.: Mittelwerte und Standardabweichungen der Lateralisierung

Sitzung	Duft	Seite	BT		RT	
			Mw	Sd	Mw	Sd
Prätraining	PEA	R	8,32	4,05	10,15	4,73
		L	7,56	4,03	7,59	4,24
	H ₂ S	R	8,88	4,73	8,19	3,82
		L	9,00	4,53	8,62	3,74
Posttraining	PEA	R	8,12	4,36	9,85	3,87
		L	9,20	4,97	10,74	3,62
	H ₂ S	R	7,64	5,18	10,89	5,18
		L	8,64	5,96	11,19	5,52

Anm. BT= Brainjogging Gruppen, RT=Riechtraining, R=Rechts, L=Links, Mw=Mittelwert, Sd=Standardabweichung

Rechte Seite (Tabelle 13), (Abbildung 23). Für PEA und H₂S lagen die Unterschiede der BT im Prätraining und Posttraining im Bereich der Standardabweichung.

In der RT zeigten sich keine Unterschiede für im Posttraining und Prätraining. Für H₂S zeigten sich ebenfalls keine Unterschiede im Prätraining im Vergleich zum Posttraining.

Linke Seite (Tabelle 13), (Abbildung 24). In der BT zeigten sich für PEA weder im Prätraining noch im Posttraining Unterschiede. Für H₂S zeigten im Prätraining keine Unterschied im Vergleich zum Posttraining.

In der RT waren für PEA keine Unterschiede im Vergleich zum Posttraining. Auch Für H₂S konnten keine Unterschiede zwischen dem Prätraining und Posttraining gefunden werden. In der Varianzanalyse konnte folgendes gezeigt werden (Tabelle 10). Der Einfluss der Seite (Rechts, Links) war nicht signifikant ($F[1,50]=0,01$; $p=0,92$). Auch die Interaktionseffekte Seite*Gruppe und Sitzung*Seite waren nicht signifikant.

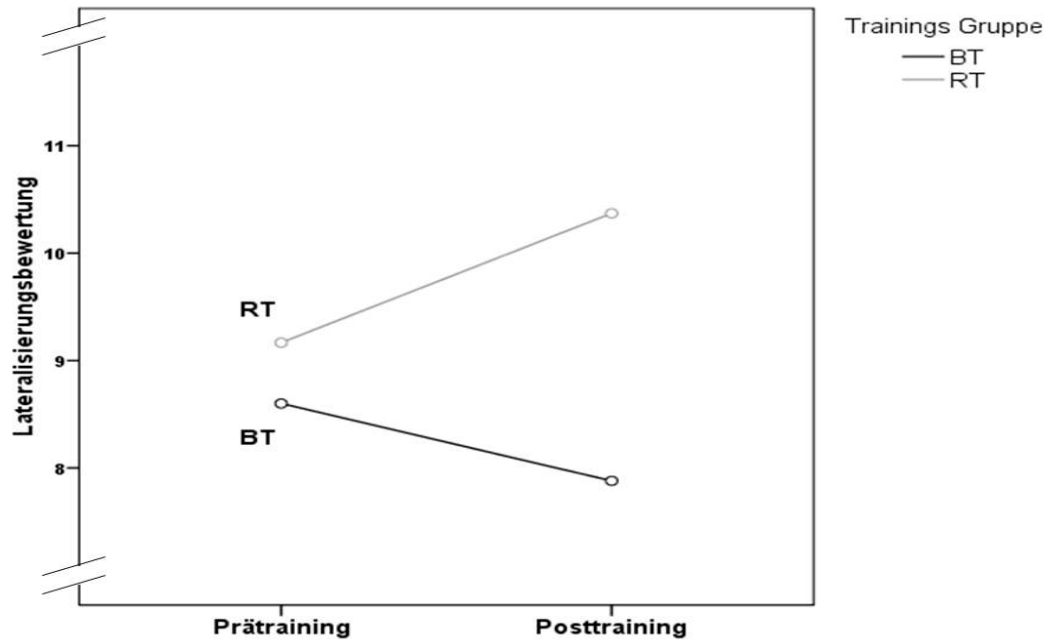


Abbildung 23.: Lateralisierungsbewertung: Rechte Seite für RT und BT
 Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe

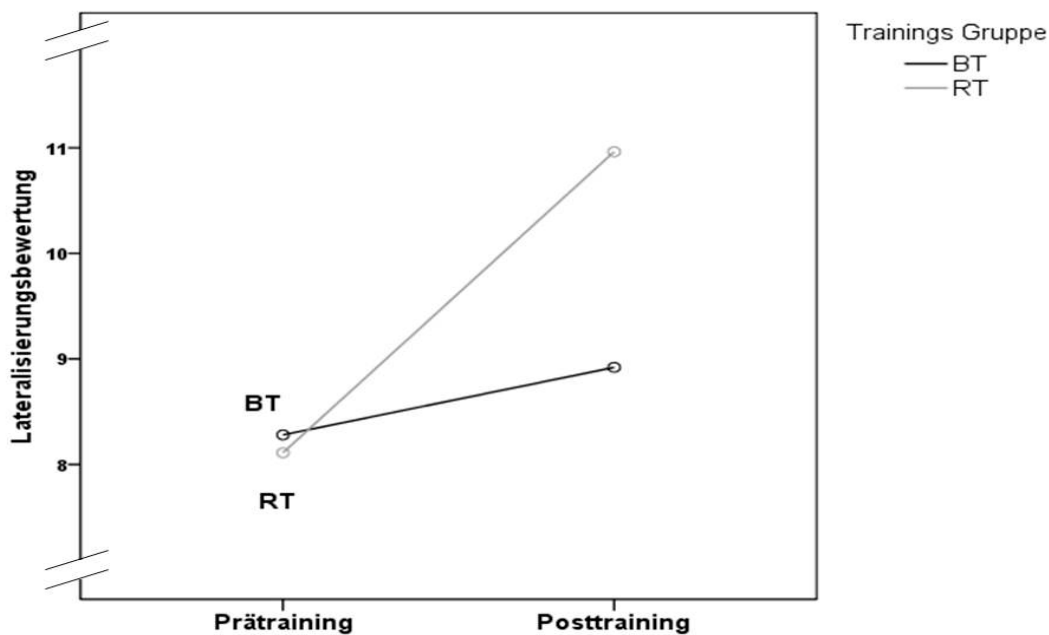


Abbildung 24.: Lateralisierungsbewertung: Linke Seite für RT und BT
 Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe

4.1.2 Trainingssitzungen

BT. Für das Brainjogging wurden der Reitan Test, ein Zahlenverbindungstest, und ein Rechentest verwendet (siehe 3.3.6). Bewertet wurde die Zeit der Lösung der gestellten Aufgaben. Es fanden 4 Sitzungen statt, die 2-4 Tage auseinanderlagen. Es wurden die Daten von 25 Probanden berücksichtigt. Gemessen wurde die Zeit für die Dauer des jeweiligen Tests.

Beim Reitan Test zeigte sich eine Verkürzung der Zeit von der ersten Trainingssitzung (Mw 36,41 s, Sd 11,029) zur letzten (Mw 22,96 s, Sd 6,41). Beim Rechentest zeigte sich ebenfalls eine Verkürzung der Zeit von der ersten Trainingssitzung (Mw 265,88 s, Sd 85,38) zur letzten (Mw 203,36 s, Sd 62,49). Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied in beiden Tests über die 4 Trainingssitzungen hinweg ($F[1,24]=19,92$; $p<0.01$) (Abbildung 25).

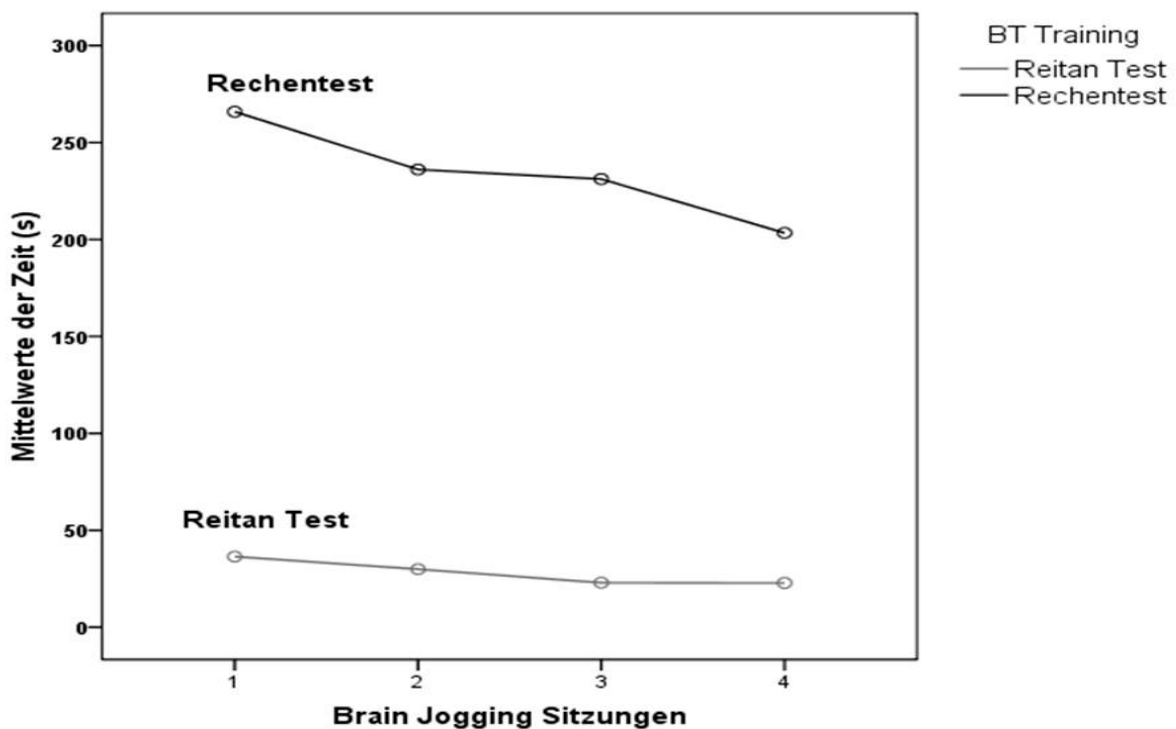


Abbildung 25.: Mittelwerte der Zeit für die BT

Anm. Für Reitan Test und Rechentest, BT=Brainjogging Gruppe

RT. Das Riechtraining fand am Olfaktometer statt und wurde in 3 Teile unterteilt. Es wurden die Daten von 17 Probanden berücksichtigt. Gemessen wurde die Anzahl der richtigen Antworten getrennt für jeden Duft. Statistisch wurde der dritte Teil des Riechtrainings ausgewertet. Es zeigte sich für beide Düfte eine höhere Anzahl richtig identifizierter Seiten von der ersten zur letzten Trainingssitzung. Dabei war die Anzahl der richtig identifizierten Seite für H₂S durchgehend höher als für PEA (Tabelle 14 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Tabelle 14.: Mittelwerte und Standardabweichungen des Riechtrainings der RT

Duft	Training	Mw	Sd
PEA	T1	4,89	1,58
	T2	5,29	1,79
	T3	4,82	1,91
	T4	6,06	2,14
H ₂ S	T1	6,41	1,46
	T2	5,59	2,24
	T3	6,71	2,49
	T4	7,71	1,69

Anm. T1=1. Trainingseinheit, T2=2. Trainingseinheit, T3=3. Trainingseinheit, T4=4. Trainingseinheit, Mw=Mittelwert, Sd= Standardabweichung, RT=Riechtrainingsgruppe

Ein signifikanter Zeiteffekt zeigte sich zwischen den Sitzungen ($F[1; 16]=3,29; p=0,04$) hinsichtlich der richtig identifizierten Seite (Tabelle 15). Es fand sich auch ein Effekt zwischen den Düften ($F[1; 16]=11,78; p=0,00$). In welcher Sitzung der Duft präsentiert wurde, hatte keinen Effekt ($F[1; 16]=1,5; p=0,23$) auf die Anzahl der richtig identifizierten Seite (Tabelle 15).

Tabelle 15.: Varianzanalyse (ANOVA) des Riechtrainings der RT

Variable	ANOVA	
	F-Wert	p-Wert
Duft	11,78	0,00**
Sitzung	3,29	0,04*
Duft*Sitzung	1,50	0,23

Anm. *= $p \leq 0,05$, **= $p \leq 0,01$, RT= Riechtrainingsgruppe

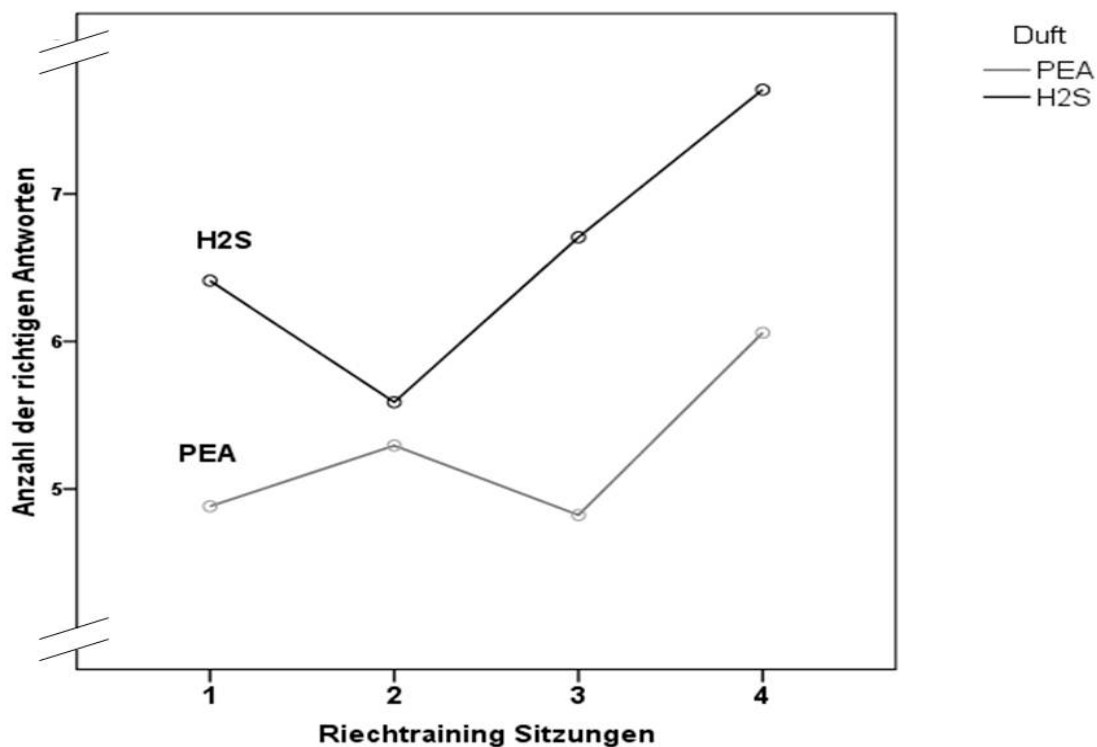


Abbildung 26.: Anzahl der richtigen Antworten im Riechtraining für PEA und H₂S

4.1.3 Hedonik

Die Bewertung der Hedonik erfolgte auf einer Skala von 0 (sehr unangenehm) bis 100 (sehr angenehm) (siehe 3.3.5). Gemessen wurde die Bewertung der Hedonik jeweils zu Beginn und Ende des Prä- und Posttrainings.

Der Duft **PEA** (Tabelle 16) wurde insgesamt als angenehm wahrgenommen. Im Mittel lag die Bewertung bei einem Wert von ≥ 61 . Im *Prätraining* empfanden die BT den Duft angenehmer als im Posttraining und die RT den Duft im Posttraining angenehmer. Die BT bewertete den Duft insgesamt angenehmer als die RT. Im *Posttraining* bewerteten die beiden Gruppen den Duft in etwa gleich angenehm. Es zeigten sich keine signifikanten Interaktionen für Sitzung (Prä-, Posttraining), Gruppe (BT, RT) oder Duftapplikationsseite (Rechts, Links) (Tabelle 17). Der Duft **H₂S** wurde insgesamt mit Werten von ≤ 40 als unangenehm empfunden. Im *Prätraining* empfanden die BT den Duft im Prätraining unangenehmer als im Posttraining. Die RT fand den Duft im Prätraining angenehmer als im Posttraining. Es konnte eine signifikante Interaktion zwischen Sitzung (Prä-, Posttraining) und Gruppe (RT, BT) für H₂S gefunden werden ($F[1; 50]=11,97$; $p<0,0$) (Tabelle 17, Abbildung 27). Ebenfalls für die Duftapplikationsseite (Rechts, Links) in Bezug auf die Gruppe (RT, BT) zeigte sich eine signifikante Interaktion ($F[1; 50]=3,96$; $p=0,05$). Die Sitzung und Duftapplikationsseite alleine hatten keinen signifikanten Effekt auf die Hedonik.

Tabelle 16.: Mittelwerte und Standardabweichungen der Hedonikbewertung auf einer Skala von 0 (sehr unangenehm) bis 100 (sehr angenehm)

Duft & Seite	BT (n=24)		Posttraining		RT (n=25)		Posttraining	
	Prätraining		Mw	Sd	Prätraining		Mw	Sd
	Mw	Sd	Mw	Sd	Mw	Sd	Mw	Sd
PEA L	73,21	12,53	70,68	18,17	61,76	13,82	69,85	13,95
PEA R	69,60	16,78	70,98	16,40	64,66	12,49	69,17	10,96
H ₂ S L	30,71	14,36	27,03	9,83	29,70	12,9	35,00	9,39
H ₂ S R	36,29	15,22	30,41	10,98	26,96	10,43	36,73	13,50

Anm. BT=Brainjogging, RT=Riechtraining, N=Anzahl, Mw=Mittelwert, Sd=Standardabweichung, R=Rechts, L=Link

Tabelle 17.: Varianzanalyse (ANOVA) der Hedonikbewertung

Duft	Variablen	ANOVA	
		F-Wert	p-Wert
PEA	Sitzung	1,49	0,23
	Sitzung*Gruppe	2,13	0,15
	Duftapplikationsseite	0,00	0,43
	Duftapplikationsseite*Gruppe	0,74	0,40
H ₂ S	Sitzung	0,64	0,43
	Sitzung*Gruppe	11,97	0,00**
	Duftapplikationsseite	2,20	0,15
	Duftapplikationsseite*Gruppe	3,96	0,05*

Anm. Sitzung (Prä- und Posttraining), Gruppe (BT=Brainjogging und RT=Riechtraining, Duftapplikationsseite (Rechts, Links), *= $p\leq 0,05$, **= $p\leq 0,01$)

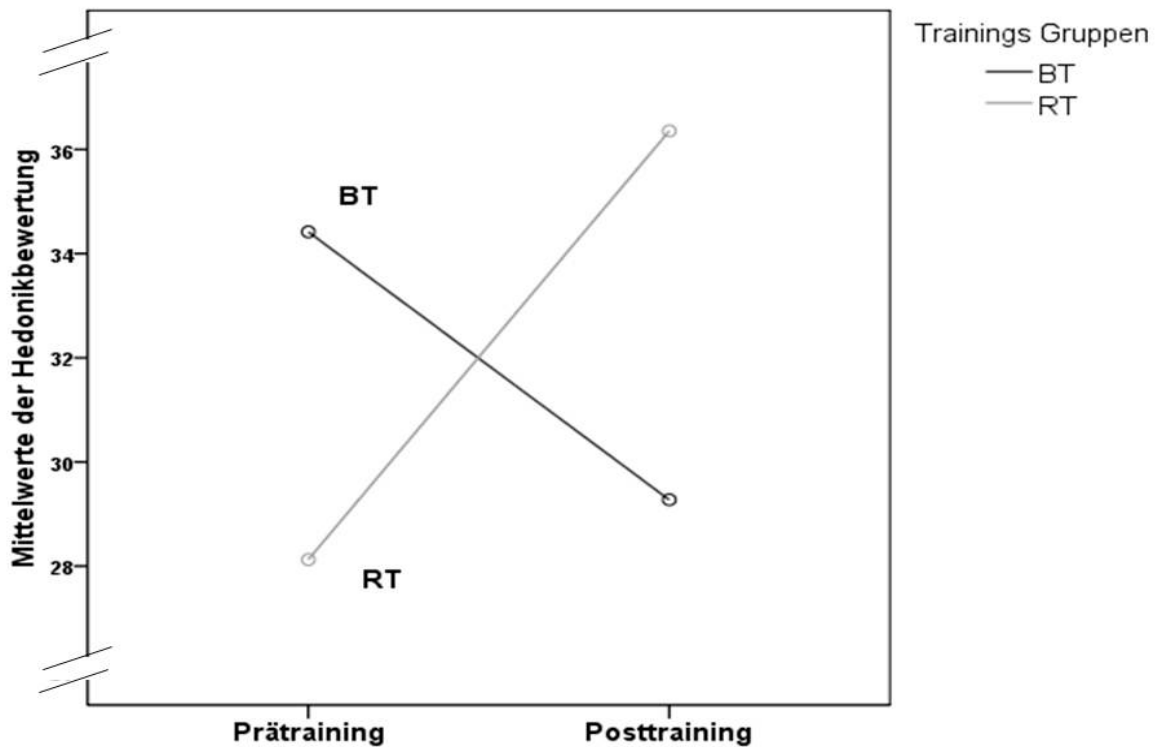


Abbildung 27.: Hedonikbewertung: H₂S

Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe

4.1.4 Intensitätsbewertung

Die Bewertung der Intensität erfolgte auf einer Skala von 0-100 (siehe 3.3.5). Insgesamt war der Wahrnehmung der Intensität im unteren Drittel der vorgegebenen Skala zu finden. Im Prätraining und auch im Posttraining wurde die Intensität im Mittel für die beiden Düfte PEA und H₂S, sowohl links als auch rechts, und auch für die beiden Gruppen BT und RT annähernd gleich wahrgenommen.

Tabelle 18.: Mittelwerte und Standardabweichungen der Intensitätsbewertung auf einer Skala von 0 (nichts gerochen) bis 100 (sehr intensiv)

Duft & Seite	BT (n=22)		Posttraining		RT (n=24)		Posttraining	
	Prätraining Mw	Sd	Mw	Sd	Prätraining Mw	Sd	Mw	Sd
PEA L	36,95	19,33	32,79	18,89	34,85	14,96	32,26	16,54
PEA R	32,71	16,64	30,78	14,98	35,43	14,74	35,90	21,02
H ₂ S L	38,52	22,53	36,55	20,05	33,93	17,43	35,92	17,99
H ₂ S R	38,46	21,81	33,59	19,20	37,47	18,57	37,23	18,41

Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe, N=Anzahl, Mw=Mittelwert, Sd=Standardabweichung, L=Links, R=Rechts

Im **Prätraining** (Tabelle 18) wurde der niedrigste Mittelwert in der BT für PEA rechts gefunden (Mw 32,71; Sd 16,64). Der höchste Mittelwert wurde ebenfalls in der BT bei H₂S links festgestellt (Mw 38,52; Sd 22,53).

Für das **Posttraining** (Tabelle 18) zeigte sich der niedrigste Wert in der BT für PEA rechts (Mw 30,78; Sd 14,98) und der höchste Wert für H₂S rechts in der RT (Mw 37,23, Sd 18,41).

Für PEA konnte festgestellt werden, dass bei Betrachtung der Mittelwerte die Wahrnehmung der Intensität zwischen Prätraining und Posttraining sowohl links als auch rechts in der RT zugenommen und in der BT abgenommen hat (Abbildung 28 und Abbildung 29).

Es zeigten sich für die Intensität keine signifikanten Interaktionen zwischen den beiden Düften (PEA und H₂S), Gruppen (BT und RT) und auch nicht zwischen den einzelnen Sitzungen (Prätraining und Posttraining) (Tabelle 19, Tabelle 20, Tabelle 21).

Tabelle 19.: T-Test der Intensitätsbewertung

Duft & Seite	Prätraining		Posttraining	
	T-Wert	p-Wert	T-Wert	p-Wert
PEA R	0,85	0,40	-0,42	0,67
PEA L	0,22	0,83	-0,30	0,76
H ₂ S R	1,00	5,50	0,71	0,49
H ₂ S L	0,47	0,64	-0,36	0,72

Anm. R=Rechts, L=Links, *= $p \leq 0,05$, **= $p \leq 0,01$

Tabelle 20.: Varianzanalyse (ANOVA) der Intensitätsbewertung für beide Seiten (Links und Rechts)

Duft & Seite	Variablen	ANOVA	
		F-Wert	p-Wert
PEA R	Sitzungen	0,73	0,40
	Gruppe	3,36	0,07
PEA L	Sitzungen	0,06	0,80
	Gruppe	0,39	0,54
H ₂ S R	Sitzungen	0,12	0,73
	Gruppe	0,11	0,74
H ₂ S L	Sitzungen	1,00	0,32
	Gruppe	0,88	0,35

Anm. R=Rechts, L=Links, Sitzung (Prä- und Posttraining), Gruppe (RT und BT), BT=Brainjogging, RT=Riechtraining

Tabelle 21.: Varianzanalyse (ANOVA) der Intensitätsbewertung für H₂S und PEA unabhängig von der jeweiligen Nasenlochseite

Variable	ANOVA	
	F-Wert	p-Wert
Sitzung	5,06	0,03
Gruppe	2,83	1,01
Duft	0,47	0,50
Duft*Gruppe	1,42	0,24
Duft*Sitzung	0,00	0,99
Duft*Sitzung*Gruppe	0,00	0,98

Anm. *= $p \leq 0,05$, **= $p \leq 0,01$

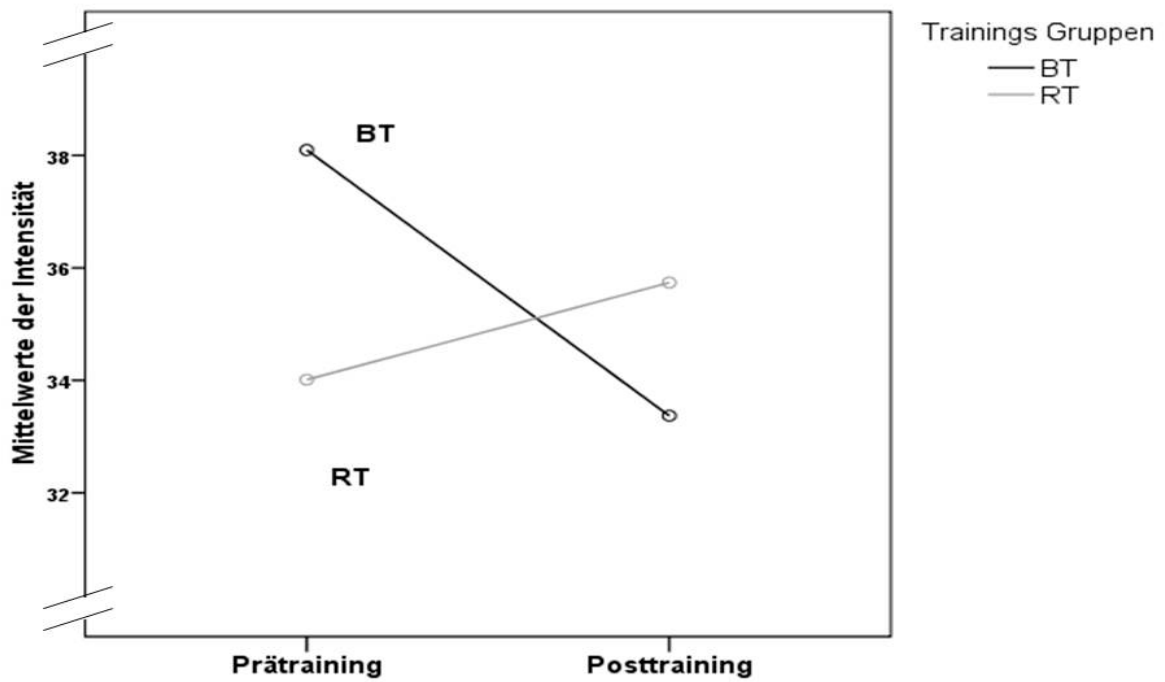


Abbildung 28.: Intensitätsbewertung: PEA Rechts
 Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe

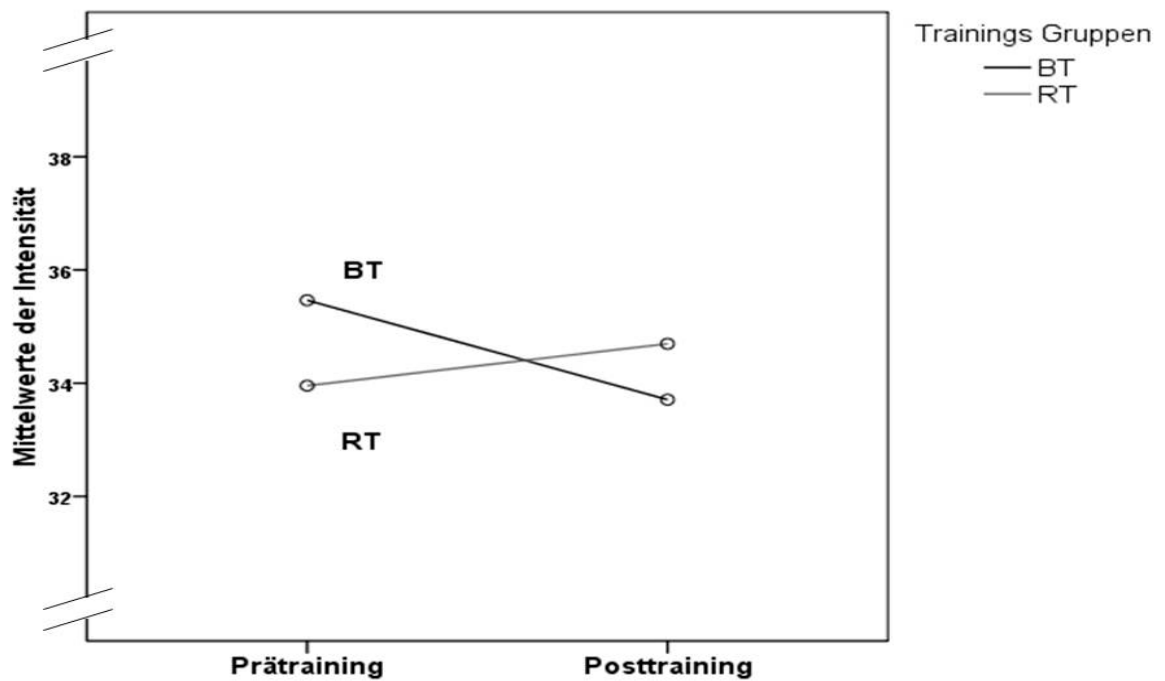


Abbildung 29.: Intensitätsbewertung: PEA Links
 Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe

4.2 Elektrophysiologische Untersuchung

Bei 26 Probanden wurde eine elektrophysiologische Untersuchung vorgenommen. Davon waren 13 Probanden aus der BT ($24 \pm 3,1$ Jahre) und 13 Probanden aus der RT ($23,7 \pm 3,5$ Jahre). Die elektrophysiologische Untersuchung fand parallel zum Posttraining statt. Es konnten für 25 Probanden charakteristische OEPs gefunden werden und diese wurden in die Auswertung einbezogen. Die OEPs wurden visuell mittels der Software EPEvaluate untersucht und vermessen. Zur Auswertung der Messwertunterschiede wurden zunächst die Mittelwerte und Standardabweichungen für die olfaktorischen Düfte PEA und H₂S der Peaks N1, P2, P1N1 und N1P2 der gemittelten Amplituden und die Peaks für N1 und P2 für die Latenzzeiten berechnet. Dann wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) für die Antwortamplituden und Antwortlatenzen durchgeführt.

4.2.1 Antwortlatenzen

Die größten Latenzmittelwerte (Tabelle 22) waren für N1 in Position C4 (Mw 459,2; Sd 156,0) für PEA links in der BT und für P2 in Position C3 (Mw 658,0; Sd 136,9) für PEA links in der BT zu finden.

Die kleinsten Latenzmittelwerte (Tabelle 22) waren für N1 in Position Pz (Mw 339,4; Sd 132,5) für H₂S rechts in der BT und für P2 in Position C4 (Mw 536; Sd 137,05) für H₂S in der RT zu finden

Tabelle 22.: Mittelwerte und Standardabweichungen den Antwortlatenzen

Duft& Seite	Gruppe	Cz		Fz		Pz		C3		C4		
		Mw	Sd	Mw	Sd	Mw	Sd	Mw	Sd	Mw	Sd	
N1	PEA R	BT	406,0	140,64	406,0	138,22	390,5	131,35	432,8	181,9	427,2	172,57
		RT	428,0	127,26	428,8	127,97	447,2	147,53	435,6	135,43	446,0	140,2
	PEA L	BT	445,5	120,66	455,5	114,05	449,5	121,94	456,4	151,1	459,2	156,04
		RT	345,8	151,74	364,8	145,78	350,4	150,23	364,4	150,73	368,4	170,81
	H ₂ S R	BT	352,0	139,21	353,5	137,29	339,4	132,50	396,0	174,08	400,0	197,24
		RT	394,0	152,03	390,8	148,43	382,8	148,57	396,0	148,77	383,6	145,28
	H ₂ S L	BT	385,0	58,66	401,5	68,72	377,5	71,04	395,2	72,32	391,2	70,47
		RT	370,4	168,02	377,2	171,54	359,56	143,55	371,2	167,87	352,8	147,79
P2	PEA R	BT	607,0	118,75	630,0	129,59	604,5	116,29	644,0	140,08	638,8	141,27
		RT	647,6	201,87	629,2	168,20	649,2	172,97	640,0	174,11	650,4	197,31
	PEA L	BT	645,0	89,87	645,0	89,87	642,0	87,45	658,0	136,85	650,4	131,79
		RT	575,6	166,67	584,0	165,58	575,2	171,06	564,8	189,12	569,6	163,58
	H ₂ S R	BT	592,0	73,81	596,0	79,60	605,5	69,81	640,0	133,48	642,4	134,62
		RT	564,8	169,98	557,6	110,41	567,2	114,35	557,6	124,57	560,0	123,59
	H ₂ S L	BT	609,0	57,24	607,0	59,01	610,0	55,59	620,8	59,92	616,0	63,25
		RT	554,8	169,98	566,8	123,66	542,4	134,32	547,6	160,09	536,4	137,05

Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe, R=Rechts, L=Links, Mw=Mittelwerte, Sd=Standardabweichung, EEG Peak=N1, P2

Tabelle 23.: Varianzanalyse (ANOVA) der Antwortlatenzen

Position	Variable	ANOVA	
		F-Wert	p-Wert
N1	Position	1,12	0,34
	Position*Training	1,52	0,26
	Stimulus	1,27	0,28
	Stimulus*Training	0,01	0,94
	Seite	0,64	0,44
	Seite*Training	0,07	0,79
	Position*Stimulus	1,7	0,85
	Position*Stimulus*Training	0,67	0,52
	Position*Seite	4,59	0,04*
	Position*Seite*Training	0,35	0,60
	Stimulus*Seite*Training	0,01	0,95
	Position*Stimulus*Seite	0,37	0,69
	Position*Stimulus*Seite*Training	1,38	0,27
P2	Position	1,08	0,34
	Position*Training	0,19	0,83
	Stimulus	2,24	0,16
	Stimulus*Training	0,69	0,42
	Seite	0,10	0,76
	Seite*Training	1,43	0,25
	Position*Stimulus	0,48	0,56
	Position*Stimulus*Training	0,65	0,48
	Position*Seite	0,78	0,44
	Position*Seite*Training	1,70	0,21
	Stimulus*Seite*Training	1,55	0,23
	Position*Stimulus*Seite	0,86	0,42
	Position*Stimulus*Seite*Training	0,01	0,99
Position*Stimulus*Seite*Training	0,27	0,66	

Anm. *p≤0,05, Position (Cz,Fz,Pz,C3,C4), Training (BT=Brainjogginggruppe, RT=Riechtrainingsgruppe), Stimulus (PEA, H₂S), applizierte Seite (Rechts, Links)

In der Varianzanalyse der Latenzen (Tabelle 22) zeigte sich für den Peak N1 für Position*Seite ein signifikanter Unterschied (F=4,59; p=0,04). Somit hat die Position der EEG Elektrode je nach applizierte Duftseite (Rechts, Links) einen signifikanten Einfluss auf die Latenz des Peak N1. Es zeigten sich keine weiteren signifikanten Unterschiede für den Peak N1 zwischen den beiden Gruppen (BT, RT) und den beiden Düften (PEA, H₂S).

Für die Latenz P2 zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der beiden Gruppen (BT, RT), den Düften (PEA, H₂S), der applizierten Duftseiten (Rechts, Links) und der Position der ableitenden Elektrode.

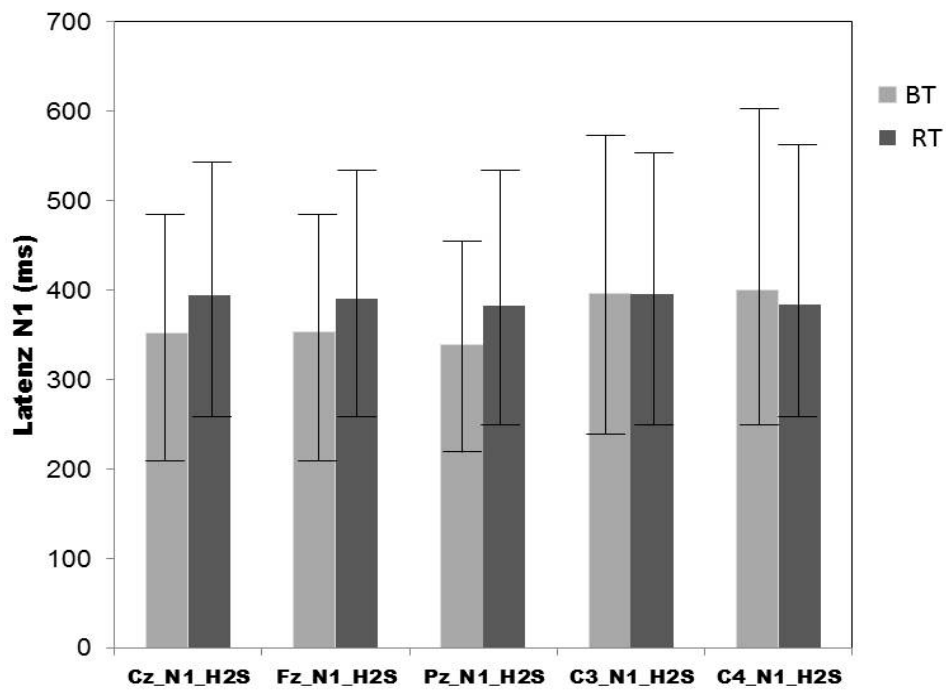


Abbildung 30.: Latenz N1 in Position Cz, Fz, Pz, C3, C4 für H₂S

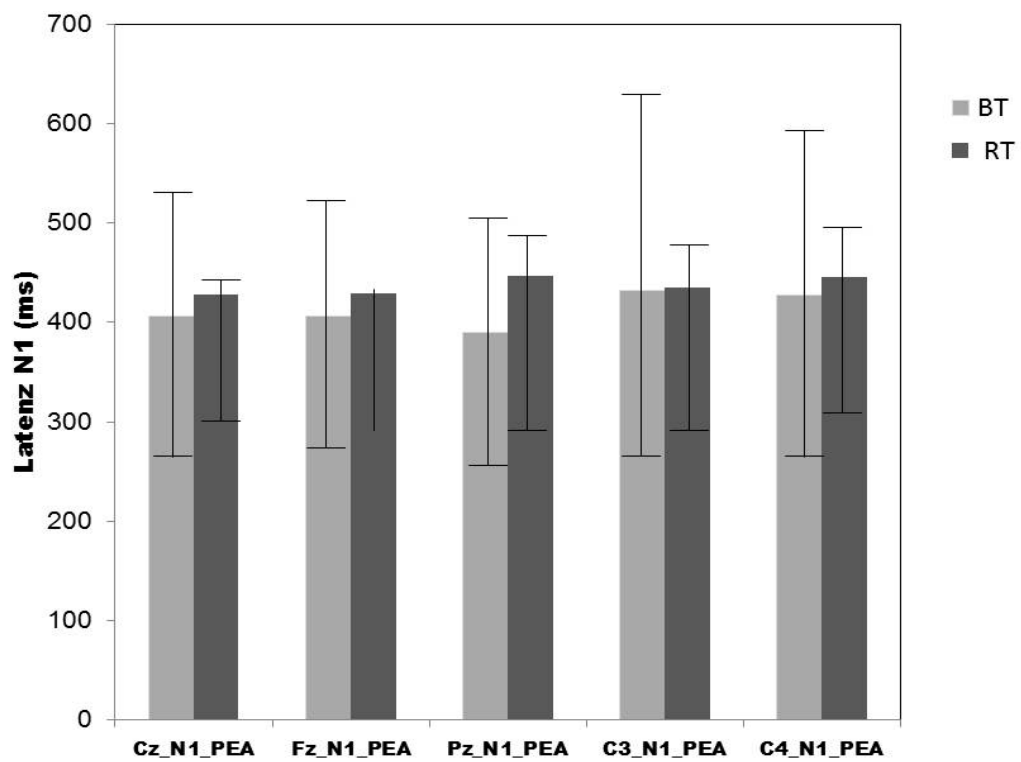


Abbildung 31.: Latenz N1 für Cz, Fz, Pz, C3, C4 für PEA

4.2.2 Antwortamplituden

Die Auswertung der Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Tabelle 24 zu sehen.

Tabelle 24.: Mittelwerte und Standardabweichungen der Antwortamplituden

	Duft& Seite	Gruppe	Cz		Fz		Pz		C3		C4		
			Mw	Sd	Mw	Sd	Mw	Sd	Mw	Sd	Mw	Sd	
N1	PEA R	BT	4,15	3,08	4,44	4,05	4,67	2,65	3,83	2,29	4,47	2,01	
		RT	6,79	3,08	7,19	3,54	5,13	2,92	4,46	2,28	5,35	2,6	
	PEA L	BT	4,33	1,71	2,80	1,36	2,94	1,33	4,1	1,92	3,79	1,28	
		RT	5,47	3,65	6,73	7,98	4,72	3,64	4,78	3,34	5,01	3,5	
	H ₂ S R	BT	4,89	2,70	5,68	3,90	3,69	2,18	3,73	2,2	4,22	1,71	
		RT	6,53	3,32	7,60	3,39	5,22	4,02	5,56	2,6	5,12	2,81	
	H ₂ S L	BT	5,54	3,09	6,62	5,69	4,60	2,17	4,79	2,52	4,47	2,0	
		RT	8,06	3,21	9,2	5,2	6,24	3,07	5,91	2,8	6,74	2,83	
	P2	PEA R	BT	-8,31	3,36	-5,60	4,78	-10,39	3,18	-5,0	2,97	-6,84	3,08
			RT	-7,79	4,02	-3,87	3,44	-8,89	6,22	-4,67	3,22	-5,97	3,41
PEA L		BT	-9,38	3,81	-7,04	4,19	-10,42	3,04	-5,86	1,54	-6,01	3,74	
		RT	-6,45	3,26	-2,44	3,06	-8,38	3,69	-4,69	3,22	-5,36	2,85	
H ₂ S R		BT	-10,01	4,55	-7,07	2,90	-13,05	5,25	-8,63	2,95	-8,77	3,62	
		RT	-6,55	2,56	-2,44	3,06	-9,06	2,95	-5,04	3,31	-5,56	2,64	
H ₂ S L		BT	-7,35	3,86	-3,67	4,55	-10,06	3,67	-7,09	3,4	-7,13	3,54	
		RT	-7,69	3,99	-3,03	3,82	-10,49	3,90	-5,04	3,31	-6,87	3,77	
P1N1		PEA R	BT	5,1	1,7	4,74	1,86	5,48	2,01	3,96	2,19	4,92	1,87
			RT	8,11	2,68	6,65	4,08	7,0	3,53	6,29	1,72	6,32	3,33
	PEA L	BT	6,19	2,35	4,01	1,9	5,25	2,62	4,1	1,3	5,1	2,16	
		RT	8,11	2,61	5,99	2,37	6,6	3,1	5,64	1,86	7,64	2,73	
	H ₂ S R	BT	6,35	2,71	5,61	2,82	4,88	1,78	3,77	1,58	4,64	1,51	
		RT	7,17	3,14	6,39	3,32	6,84	3,72	5,29	2,34	5,6	2,42	
	H ₂ S L	BT	8,75	3,87	6,87	1,81	7,79	3,77	6,67	2,99	7,03	2,6	
		RT	8,55	2,11	6,71	2,55	6,72	2,11	6,28	2,23	6,7	2,85	
	N1P2	PEA R	BT	12,46	3,91	10,03	4,66	15,05	4,39	13,78	4,3	11,31	3,24
			RT	14,58	3,65	11,06	3,38	11,02	4,45	15,75	5,16	11,32	3,35
PEA L		BT	13,71	3,91	9,84	3,9	13,36	3,6	9,96	4,38	9,84	3,84	
		RT	11,92	4,73	10,15	8,43	13,09	4,28	9,47	4,23	10,37	5,13	
H ₂ S R		BT	14,91	6,24	12,75	5,05	16,73	5,17	12,35	4,5	12,99	4,35	
		RT	13,08	2,73	10,04	4,43	14,28	4,66	11,0	3,11	10,68	5,13	
H ₂ S L		BT	12,89	3,96	10,29	4,54	14,67	3,93	11,87	3,35	11,6	3,31	
		RT	15,75	5,16	12,22	4,26	16,73	5,34	10,95	4,9	13,61	5,02	

Anm. BT=Brainjogging Gruppe, RT=Riechtraining Gruppe, EEG Peak=N1, P2, P1N1, N1P2, R=Rechts, L=Links, Mw=Mittelwerte, Sd=Standardabweichung

In der Varianzanalyse der Antwortamplituden für Cz, Fz, Pz (Tabelle 25 **Fehler! Ungültiger Eigenverweis auf Textmarke.**) zeigte für den Peak P2 keinen signifikante Unterschieden bezüglich der Amplitude für Position (Cz, Fz, Pz, C3, C4)*Stimulus (PEA, H₂S) (F= 3,5, p= 0,06) und Position*Stimulus*Seite (F=4,08, p=0,04). Es zeigte sich ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen (BT, RT).

Der Peak P1N1 zeigte für die Position (Cz, Fz, Pz, C3, C4) (F=3,43, p=0,05) als auch Position (Cz, Fz, Pz, C3, C4)*Seite (Rechts, Links) (F=7,12; p=0,01) signifikante Unterschiede. Es zeigten sich keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (BT, RT) und den beiden Düften (PEA, H₂S). Die Amplitude des Peaks N1P2 zeigte signifikante

Unterschiede hinsichtlich Position*Stimulus*Seite (F=4,42, p=0,04). Es zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen (BT, RT).

Tabelle 25.: Varianzanalyse (ANOVA) der Antwortamplituden Cz, Fz, Pz

Position	Variable	ANOVA	
		F-Wert	p-Wert
N1	Position	1,12	0,34
	Position*Training	1,52	0,24
	Stimulus	1,27	0,28
	Stimulus*Training	0,01	0,94
	Seite	0,64	0,44
	Seite*Training	0,08	0,79
	Position*Stimulus	0,17	0,73
	Position*Stimulus*Training	0,67	0,45
	Position*Seite	4,59	0,04*
	Position*Seite*Training	0,35	0,6
	Stimulus*Seite*Training	0,01	0,95
	Position*Stimulus*Seite	0,37	0,6
	Position*Stimulus*Seite*Training	1,38	0,27
P2	Position	2,11	0,50
	Position*Training	0,93	0,39
	Stimulus	0,23	0,64
	Stimulus*Training	0,00	0,96
	Seite	2,46	0,14
	Seite*Training	0,32	0,58
	Position*Stimulus	3,50	0,06
	Position*Stimulus*Training	0,01	0,97
	Position*Seite	0,46	0,56
	Position*Seite*Training	0,37	0,62
	Stimulus*Seite*Training	3,48	0,08
	Position*Stimulus*Seite	4,08	0,04*
	Position*Stimulus*Seite*Training	0,20	0,75
P1N1	Position	3,43	0,05*
	Position*Training	0,47	0,63
	Stimulus	0,93	0,35
	Stimulus*Training	2,67	0,12
	Seite	1,25	0,28
	Seite*Training	0,6	0,45
	Position*Stimulus	0,41	0,67
	Position*Stimulus*Training	0,38	0,61
	Position*Seite	7,12	0,01*
	Position*Seite*Training	0,63	0,49
	Stimulus*Seite*Training	0,58	0,46
	Position*Stimulus*Seite	0,77	0,44
	Position*Stimulus*Seite*Training	0,73	0,5
N1P2	Position	1,54	0,23
	Position*Training	0,3	0,68
	Stimulus	0,5	0,49
	Stimulus*Training	0,00	0,97
	Seite	4,63	0,05
	Seite*Training	0,59	0,46
	Position*Stimulus	3,06	0,09
	Position*Stimulus*Training	0,98	0,36
	Position*Seite	3,07	0,08
	Position*Seite*Training	1,2	0,3
	Stimulus*Seite*Training	3,9	0,07
	Position*Stimulus*Seite	4,42	0,04*
	Position*Stimulus*Seite*Training	1,88	0,19

Anm. *p≤0,05, Position (Cz, Fz, Pz, C3, C4), Training (BT=Brainjogginggruppe, RT=Riechtrainingsgruppe), Stimulus (PEA H2S), Seite (Rechts, Links)

Tabelle 26.: Varianzanalyse der Antwortamplituden C3 und C4

Position	Variable	ANOVA	
		F-Wert	p-Wert
P2 C3/4	Position	0,03	0,93
	Position*Training	0,07	0,88
	Stimulus	0,45	0,51
	Stimulus*Training	1,69	0,21
	Seite	3,2	0,09
	Seite*Training	0,12	0,75
	Position*Stimulus	3,0	0,07
	Position*Stimulus*Training	1,55	0,23
	Position*Seite	0,07	0,93
	Position*Seite*Training	2,15	0,13
	Stimulus*Seite*Training	2,64	0,12
	Position*Stimulus*Seite	0,66	0,49
	Position*Stimulus*Seite*Training	1,15	0,33
N1P2 C3/4	Position	0,18	0,79
	Position*Training	0,34	0,66
	Stimulus	0,01	0,92
	Stimulus*Training	0,37	0,55
	Seite	3,28	0,09
	Seite*Training	0,09	0,77
	Position*Stimulus	0,47	0,57
	Position*Stimulus*Training	0,67	0,47
	Position*Seite	0,92	0,4
	Position*Seite*Training	9,71	0,00*
	Stimulus*Seite*Training	3,27	0,09
	Position*Stimulus*Seite	0,48	0,56
	Position*Stimulus*Seite*Training	6,45	0,01*
P1N1 C3/4	Position	4,2	0,02*
	Position*Training	0,74	0,47
	Stimulus	0,38	0,55
	Stimulus*Training	3,28	0,09
	Seite	1,14	0,3
	Seite*Training	0,54	0,47
	Position*Stimulus	0,45	0,63
	Position*Stimulus*Training	0,08	0,91
	Position*Seite	1,59	0,22
	Position*Seite*Training	0,99	0,38
	Stimulus*Seite*Training	0,33	0,57
	Position*Stimulus*Seite	0,32	0,71
	Position*Stimulus*Seite*Training	2,19	0,13

Anm. *p≤0,05, Position (Cz, Fz, Pz, C3, C4), Training (BT=Brainjogginggruppe, RT=Riechtrainingsgruppe), Stimulus (PEA H2S), Seite (Rechts, Links)

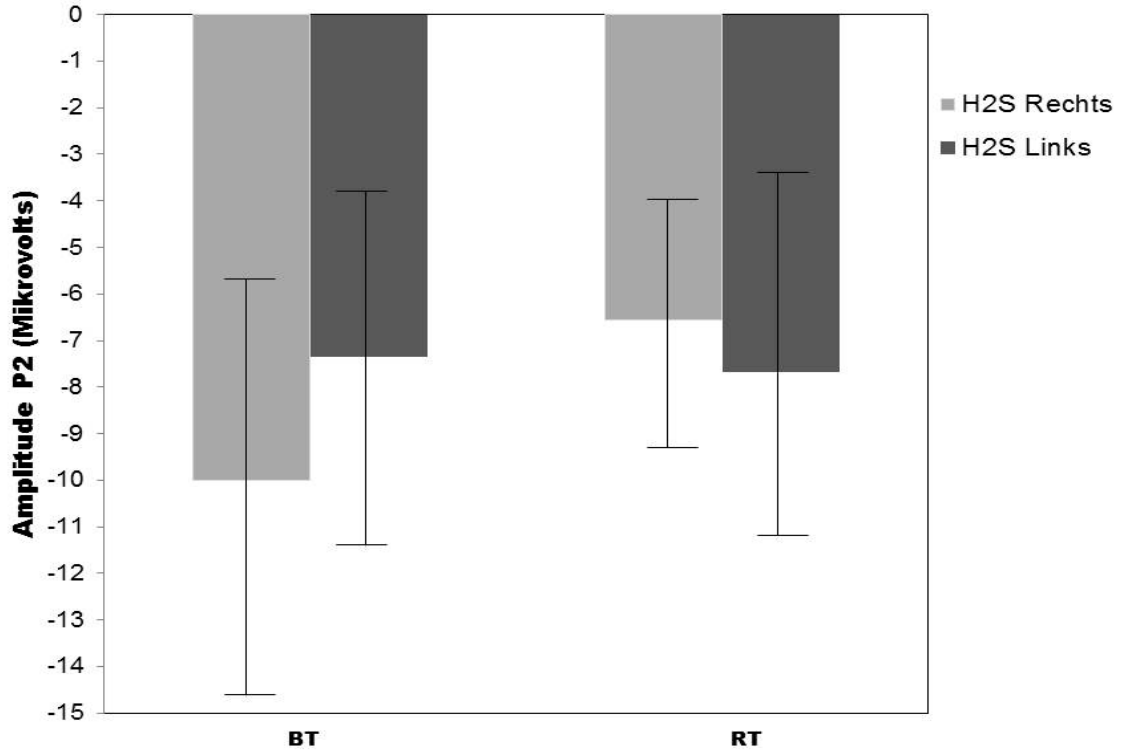


Abbildung 32.: Amplitude P2 in Position Cz/A1+A2 für H₂S

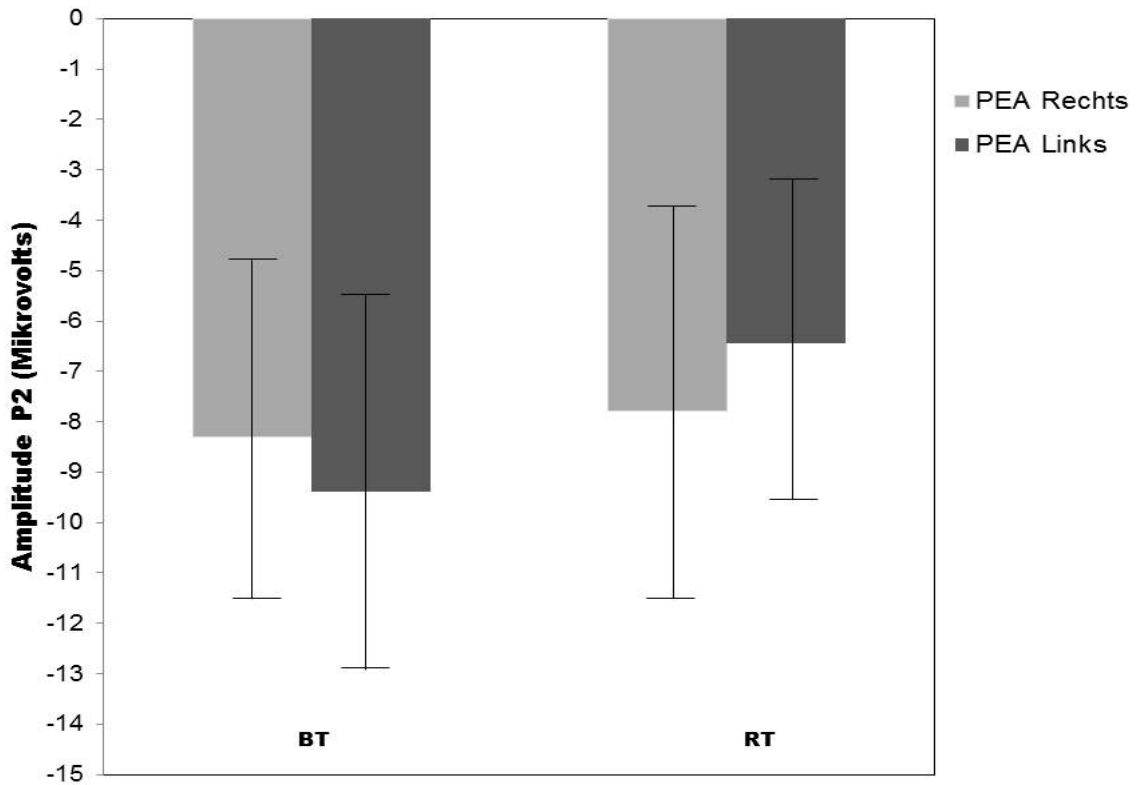


Abbildung 33.: Amplitude P2 in Position Cz/A1+A2 für PEA

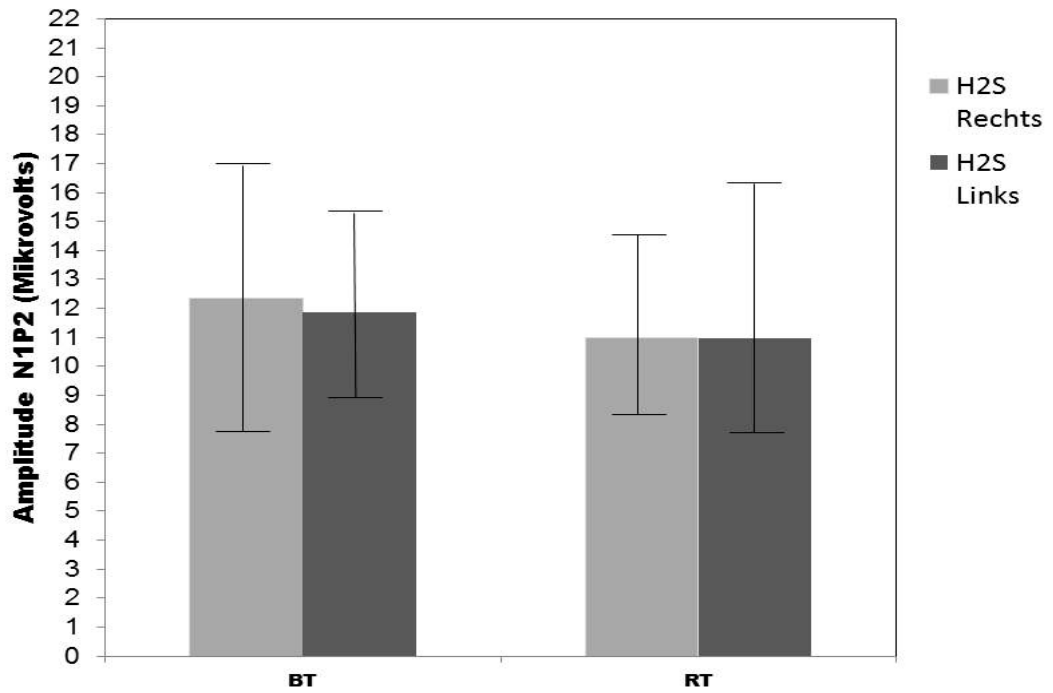


Abbildung 34.: Amplitude N1P2 in Position C3/ A1+A2 für H₂S

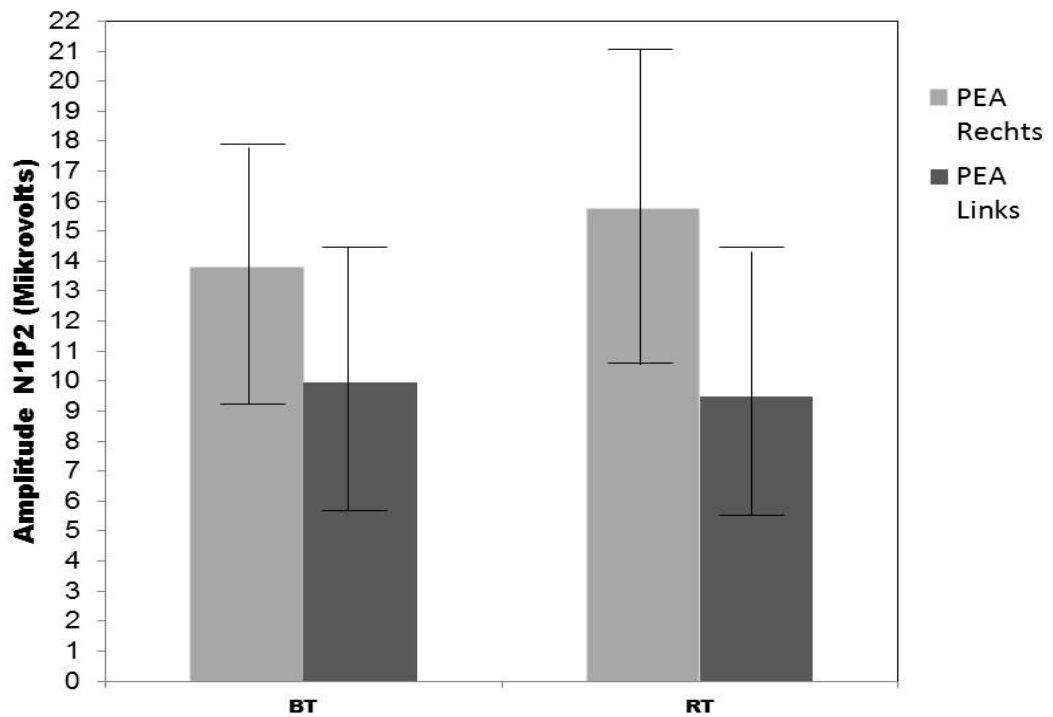


Abbildung 35.: Amplitude N1P2 in Position C3/A1+A2 für PEA

5. Diskussion

5.1 Psychophysische Untersuchung

Deskriptive Statistik und Screening. Hinsichtlich des Alters zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen der RT und der BT. Mit einem Durchschnittsalter von ungefähr 23 Jahren war die untersuchte Population jung. Das war deshalb von Bedeutung, da Studien zeigen, dass mit zunehmendem Alter die olfaktorische Funktion nachlässt (Hummel et al. 2007), nicht aber deren Bedeutung (Hummel et al. 2002).

Beide Gruppen waren durchweg Rechtshänder und weiblich. Die Händigkeit ist ein determinierender Faktor in der Duftwahrnehmung. So wurde bei Rechtshändern eine bessere olfaktorische Wahrnehmung bei ipsilateraler Präsentation gezeigt (Hummel et al. 1998). Zum Ausschluss von Fehlerquellen wurden nur Rechtshänderinnen eingeschlossen.

Da die Phase des Menstruationszykluses einen nachweislichen Einfluss auf die olfaktorische Sensitivität hat (Navarrete-Palacios et al. 2003), in der vorliegenden Studie allerdings nicht erfragt wurde, ist nicht auszuschließen, dass Unterschiede in den Messergebnissen durch Unterschiede in der Ovulationsphase der Probanden zustanden kommen. In weiterführenden Studien zur Lokalisierung und Trainierbarkeit von Düften sollte die Phase Menstruationszykluses mit aufgenommen und als mögliche Quelle für Unterschiede in der olfaktorischen Sensitivität beachtet werden. Die Pilleneinnahme hingegen wurde erfragt und dieser Teil kann als nicht zyklisch hinsichtlich des Menstruationszykluses betrachtet werden. Da sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Pilleneinnahme zwischen den Gruppen RT und BT zeigten, ist nicht zu erwarten, dass dieser Faktor einen maßgeblichen Einfluss auf die Sensitivität während der Duftwahrnehmung in dieser Studie hat.

Da Frauen nachweislich dem Riechen eine höhere Bedeutung beimessen und eine bessere olfaktorische Sensitivität aufzeigen (Larsson et al. 2000), ist zu beachten, dass diese Studie nicht ohne weiteres verallgemeinert werden kann. Es wurden freiwillige Probandinnen über Aushänge an der TU Dresden rekrutiert. Dabei war zu erwarten, dass die untersuchte Population typische Merkmale von Stichproben, die aus Freiwilligen bestehen, zeigt, wie beispielsweise eine bessere Bildung, höherer wahrgenommener sozialer Status, höhere Intelligenz und höhere Sozialität im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung (Rosnow und Rosenthal 1966). Dies hatte möglicherweise einen Einfluss auf die in dieser Studie erhobenen Ergebnisse.

Das Screening der Probanden beinhaltete den Screening Fragebogen des Bereiches HNO und den Sniffin' Sticks Geruchsidentifikationstest. Normale binasale olfaktorische Funktion wurde als Eingangskriteriums durch den Sniffin' Sticks Score von 10 vorausgesetzt. Im

Gruppenvergleich gab es keine relevanten Unterschiede hinsichtlich des HNO Screening Fragebogens. Alle Probanden befanden sich in einem guten Gesundheitszustand. Die beiden Gruppen waren in ihren Ausgangsbedingungen als homogen anzusehen.

Fragebogen „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“. Die vermehrte Auseinandersetzung mit Düften im Rahmen dieser Studie scheint keinen Einfluss auf die angegebene Wichtigkeit Bedeutung der Geruchswahrnehmung im Alltag gehabt zu haben. Im Prätraining zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Beide Gruppen maßen dem Geruch im Alltag zu Beginn der Studie gleich viel Bedeutung bei. In der Nachuntersuchung zeigten sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Eine Erklärung kann sein, dass eine vermehrte Exposition mit Düften über einen definierten Zeitraum keinen Einfluss auf die Relevanz der Duftwahrnehmung im Alltag hat. Andere Faktoren scheinen bei der Bedeutungsbildung der Düfte einen Einfluss zu haben. Durch die integrative Verarbeitung von Düften, Sprache und Gedächtnis im temporolimbischen Gehirnnareal (Westervelt et al. 2005) kann die individuelle Sprach- und Gedächtnisleistung einen solchen Einflussfaktor im Alltag darstellen. Weiterhin wurde gezeigt, dass die olfaktorische Funktion in Hinsicht auf Diskriminierungs- und Identifikationsfähigkeit von Düften von der kognitiven Fähigkeiten des Menschen abhängt (Hedner et al. 2010). Andere Untersuchungen zeigten, dass die Bedeutung der Geruchswahrnehmung während der Lebensdauer auf einem gleichen Niveau bleibt (Hummel et al. 2002). Die signifikanten Unterschiede zwischen den Sitzungen kann durch die erneute Befragung mit dem gleichen Fragebogen als statistische Verzerrung erklärt werden. Der Unterschied in der Lügenskala zwischen den Gruppen bildet eine Aggravationstendenz seitens der Trainingsgruppe mit vermehrter Duftexposition ab.

5.1.4 Identifizierung und Lateralisierung von Riechstimuli

Identifizierung. In der allgemeinen Betrachtung unabhängig davon, welcher Duftreiz gerade gegeben wurde, zeigte sich ein positiver Trainingseffekt. Damit zeigte bereits ein kurzzeitiges Dufttraining eine Erhöhung der olfaktorischen Sensitivität, wie Hummel et al bereits zeigten (Hummel et al. 2009). Durch Training war es möglich zwischen applizierten Düften des rechten und linken Nasenlochs zu differenzieren.

Bei differenzierter Betrachtung der beiden Düfte PEA und H₂S zeigten sich hingegen Unterschiede. Für den Duft PEA konnte gezeigt werden, dass das Riechtraining zu keiner verbesserten Identifizierung der präsentierten Duftreize geführt hat. Damit konnte die Annahme, dass es einen Unterschied in der richtigen intranasalen Lokalisierung zwischen

der RT und der BT für PEA gibt, nicht bestätigt werden. Das heißt, dass für den Duft PEA, durch ein Training keine verbesserte Lokalisation erzielt werden konnte.

Für den Duft H₂S konnte diese Annahme bestätigt werden. Durch ein Riechtraining konnte die richtige intranasale Lokalisierung von Düften verbessert werden.

Erklärungen dafür sind vielfältig. Möglicherweise zeigte sich ein Wahrnehmungsunterschied zwischen aversiven Düften, wie H₂S, und appetitiven Düften, wie PEA. Demnach spielte die Hedonik des Duftes eine entscheidende Komponente in der Trainierbarkeit der Lokalisierung von Düften. Weiterhin spielte natürlich die kleine Gruppengröße eine Rolle. In einer größeren Population zeigt sich möglicherweise auch PEA als trainierbarer Duft.

Wie bereits im vorangegangenen Kapitel beschrieben (siehe 5.1.3) konnten für PEA positive Trainingseffekte gezeigt werden (Smith et al. 1993). Trainingseffekte werden eher bei Frauen erzielt (Dalton et al. 2002). Bei H₂S zeigten sich in an anderen Studien Verringerungen der olfaktorischen Sensitivität (Livermore und Hummel 2004). Dieser Effekt spielte in der vorliegenden Untersuchung keine Rolle.

Anders als bei alleiniger Betrachtung der Trainingseinheiten, zeigte sich in der Betrachtung des Prä- und Posttrainings lediglich für H₂S und nicht für PEA ein positiver Trainingseffekt. Das kann bedeuten, dass der Trainingseffekt der sich für PEA während der Trainingssitzungen zeigt, nicht stabil ist. Das kann eine Erklärung dafür sein, dass die Ergebnisse des Posttrainings nicht signifikant besser waren als im Prätraining.

Lateralisierung. Die Lateralisierung von Düften war die Betrachtung der seitendifferenziellen olfaktorischen Wahrnehmungen zwischen dem linken und dem rechten Nasenloch. Gudziol et al. zeigten in ihrer Studie 2007, dass es bei Gesunden Lateralisierungen zwischen den beiden Nasenlöchern gab (Gudziol et al. 2007).

In der vorliegenden Untersuchung konnten keine Lateralisierungen zugunsten einer Seite weder für PEA noch H₂S gefunden werden. Dies entsprach auch den bisherigen Untersuchungen von Good et al. Sie zeigten, dass es keinen Unterschied bezüglich der Lateralisierung zwischen einem rechtseitigen oder linksseitigen Stimulus gibt (Good et al. 2003). Damit konnte die Annahme, dass es eine Seitendifferenz zugunsten des linken Nasenlochs gibt, nicht bestätigt werden.

Diese Annahme beruhte darauf, dass Doty et al zeigten, dass Frauen eine bessere Riechleistung auf dem linken Nasenloch zeigten (Doty und Kerr 2005). Weiterhin zeigten Royet et al, dass bekannte Düfte eine linksseitige Verarbeitung aufweisen (Royet et al. 1999). Unbekannte Düfte hingegen wurden besser über das rechte Nasenloch wahrgenommen (Savic und Berglund 2000). Für eine umfassendere Antwort diesbezüglich ist es wünschenswert, ein größeres Probandenkollektiv zu untersuchen und neben Frauen auch Männer einzuschließen.

5.1.2 Trainingssitzungen

In der Riechtrainingsgruppe zeigte sich ein Trainingseffekt für beide Düfte. Dabei bildete sich der Trainingseffekt für den Duft H₂S deutlicher ab. Bereits durch diese kurzzeitige Exposition mit 4 Sitzungen konnten die Probanden den passiv applizierten Duft deutlich besser der jeweils applizierten Seite zuordnen. Es zeigte sich eine deutliche Verbesserung von dem 1. Training zum 4. Training.

Hummel et al. zeigten bereits 2009, dass schon kurze, regelmäßige Duftexpositionen die olfaktorische Sensitivität erhöhen können (Hummel et al. 2009). Das kann ein Hinweis auf die Plastizität des olfaktorischen Systems sein. Bereits kurze, wiederholte Duftreize regten olfaktorische Lernprozesse an (siehe Kapitel 1.3). Wie dauerhaft diese sein können wurde in dieser Studie nicht untersucht und sollten weiter untersucht werden. Bereits Dalton et al. kritisierten dies in ihrer Untersuchung (Dalton et al. 2002). Im Hinblick auf die allgemeine Erforschung der Plastizität des menschlichen Kortex und der regenerativen Prozessen des olfaktorischen Systems bei Riechstörungen ist das von großer Bedeutung.

Von besonderem Interesse ist die differenzierte zentrale Verarbeitung im Hinblick auf die Duftlokalisation. Dies könnte in zukünftigen Studien mittels zusätzlichen bildgebenden Verfahren, wie der fMRT Untersuchung, dargestellt werden.

Bisher konnten auch für PEA positive Trainingseffekte zur Verbesserung der olfaktorischen Sensitivität gezeigt werden (Smith et al. 1993). Die vorliegende Studie stellte das ebenfalls heraus. Weitere einflussnehmende Faktoren waren die kleine Gruppengröße und die an das Labor gebundenen Trainingseinheiten.

Riechtraining als alternative Behandlungsmethode bei Riechstörung stellte ein in letzter Zeit einen viel untersuchten Bereich dar. Bisherige Therapieoptionen bei Riechstörungen sind meist limitiert auf einzelne pharmakologische Substanzen und zeigten nicht immer dauerhaft zufriedenstellende Ergebnisse. Bei sinunasalen Riechstörungen haben sich Kortikoide als effizient erwiesen und bei mechanischen Behinderungen eine chirurgische Intervention (Wolfensberger und Hummel 2002). Für Postvirale Riechstörungen zeigten Caroverin, ein NMDA-Antagonist, und alpha-Liponsäure positive Effekte (Hummel 2003). Im Hinblick auf oft fehlende Therapieoptionen bei Riechstörungen werden auch alternative Therapieoptionen angewendet. Eines dieser Felder stellt die Akupunktur dar und in Fallbeispielen werden positive Wirkungen gezeigt (Vent et al. 2010).

Daneben stellt das Riechtraining eine einfache, alternative Methode dar. Durch regelmäßige olfaktorische Reize könnte eine Verbesserung der Riechleistung erzielt werden. Schon eine Kurzzeit Exposition mit Düften kann die olfaktorische Sensitivität erhöhen (Hummel et al. 2009). Unter Beachtung von Therapiekriterien, wie Erkrankungsdauer- und Ursache, kann diese Methode eine effiziente Therapieoption zur Verbesserung des Geruchsinns sein.

Zusätzlich sollte weiterhin geklärt werden, was die Mechanismen hinter der Verbesserung der Lateralisierung durch Training sind.

Einflussnehmend auf die Ergebnisse ist die aus drei Teilen bestehende Trainingsmethode bestehend aus Ansagen, Ansagen ohne Rückmeldung und einem kurzen Test zur Überprüfung des Erfolges. Außerdem wird die Dauer des Trainings eine Rolle spielen. Ein weiterer Faktor ist die Abbildung der Entscheidung des Probanden durch eine visuelle Analogskala.

In der Brainjogginggruppe zeigten sich Trainingseffekte sowohl für den Raitan Test als auch für den Rechentest. Darin spiegelt sich eine Verbesserung der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit, der visuellen Abtastungsfähigkeit und Konzentrationsverbesserung wieder.

5.1.3 Hedonik

Die Bewertung der Hedonik zeigte keinen Unterschied zwischen der rechten und linken Seite für beide Düfte. Somit scheint die Hedonik keinen Einfluss auf die Lateralisierung von Düften zu haben. Dieses Ergebnis ist konkordant mit bisherigen Untersuchungen (Thuerauf et al. 2008). Andere Studie kamen zu dem Ergebnis, dass das rechte Nasenloch sensibler für angenehme Düfte ist (Dijksterhuis et al. 2002).

Im Verlauf der Messung wurde PEA von der RT als auch der BT als weniger angenehm empfunden. H₂S hingegen wurde im Verlauf der Studie von der RT als angenehmer und von der BT als unangenehmer bewertet. Grund dafür kann sein, dass PEA, als künstlicher Duftstoff, durch wiederholte Darbietung eine Reizung der Schleimhäute hervorgerufen hat. Dadurch ist es möglich, dass die blumige Duftnote in den Hintergrund trat und der Duft weniger angenehm empfunden wurde. Durch repetitive Darbietung in der RT können Effekte der Habituation (siehe Kapitel 1.3) bei dem Duft H₂S eingetreten sein. Zusätzlich werden zentrale Verarbeitungsprozesse, Erwartung und Erinnerung eine Rolle spielen. In der BT wurde H₂S wahrscheinlich wie ein neuer Duftreiz empfunden, ohne vorherige zentrale Verarbeitungsvorgänge, und als unangenehmer bewertet.

Bei Betrachtung der beiden Gruppen (RT und BT) empfinden die RT im Posttraining den Duft H₂S auf der linken Seite signifikant weniger unangenehm als auf der rechten Seite im Vergleich zum Prätraining. Der Unterschied zwischen den Gruppen kann in der unterschiedlichen Dauer der Duftexposition zusammenhängen und durch Veränderung f kortikaler Ebene durch Habituation erklärt werden.

Die hedonische Verarbeitung wird aktuell dem limbischen System zugeordnet (Soudry et al. 2011). Das limbische System wird ebenfalls mit Emotionen in Verbindung gebracht (Roxo et al. 2011). Derzeit ist der kortikale Interaktionsprozess von Hedonik und Emotionen

Gegenstand der Forschung. Es konnten bisher keine eindeutigen Ergebnisse gefunden werden (Soudry et al. 2011).

Durch die enge Verbindung von Emotionalität und Riechen, hedonischen und limbischen Verarbeitungs- und Interaktionsprozessen, ist es denkbar, dass es auch unterschiedliche Lateralisierungen von angenehmen und unangenehmen Düften gibt. Das wäre auch ein möglicher Grund für die bisherigen sich widersprechenden Ergebnisse in der Literatur.

5.1.4 Intensitätsbewertung

Es zeigten sich keine signifikanten Interaktionen zwischen der Nasenlochseite der Applikation in Bezug auf die Gruppen (RT und BT) oder die jeweilige Sitzung (Prä-, Posttraining). Insgesamt erfolgte die Wahrnehmung der Duftintensität nicht besonders stark. Der Duft H₂S wurde gegenüber dem Duft PEA fast durchgehend etwas stärker wahrgenommen. Der Grund dafür kann sein, dass H₂S den unangenehmen und PEA den angenehmeren Düften zugeordnet wird. Unangenehme Düfte werden eher den Gefahrenstoffen zugeordnet und deshalb tendenziell intensiver wahrgenommen (Moskowitz et al. 1976).

Die Annahme, dass Intensitätsbewertungen für das rechte Nasenloch höher sind als für das linke Nasenloch konnte nicht wiederholt werden, wie Thuerauf et al zeigten (Thuerauf et al. 2008). Somit konnte in dieser Studie weder gezeigt werden, dass es eine Überlegenheit des rechten Nasenlochs gibt, noch, dass die Intensität ein sensibler Parameter für olfaktorische Lateralisierung ist (Thuerauf et al. 2008). Diese Abweichung kann durch bekannte olfaktorische Variabilität bedingt sein. Eine Variabilität in der Intensitätsbewertung wurde schon für verschiedene Duftstoffe beschrieben (Distel et al. 1999). Diese Unterschiede werden der Rezeptorgenetik, der jeweiligen Kultur und individuellen Dufferfahrungen zugeschrieben (Laska und Hudson 1991). Es werden ebenfalls große intraindividuelle Unterschiede in der Intensitätsbewertung bei gleichbleibender Duftkonzentration gezeigt (Distel et al. 1999). Ob der Ort der zentralen olfaktorischen Verarbeitung der Intensität von Duftreizen Aufschluss über eine mögliche damit verbundene Lateralisierung gibt, ist bisher nicht eindeutig geklärt. Eine Studie zeigte die Amygdala (Anderson et al. 2003), ein weiteres mediale kortikale Areal (Rolls et al. 2003), wie der piriforme Kortex und der anteriore entorhinale Kortex, als möglichen Verarbeitungsort.

Die Ergebnisse dieser Studie deuteten darauf hin, dass das olfaktorische System möglicherweise durch seine ipsilateraler Organisation zumindest bezüglich der Intensitätsbewertung nicht zwischen dem rechten und linken Nasenloch unterscheidet. Dies stellte ein konkordantes Ergebnis zu früheren Studien dar (Kobal et al. 1989; Hummel und Kobal 1992).

5.2 Elektrophysiologische Untersuchung

5.2.1 Antwortlatenzen

Für die Antwortlatenzen der OEPs zeigte sich ein signifikanter Effekt für den Peak N1 in Position*Seite. Damit hat die Position der EEG Elektrode je nach applizierte Duftseite (Rechts, Links) einen signifikanten Einfluss auf die Latenz des Peak N1. Da gezeigt werden kann, dass eine erhöhte Aufmerksamkeit die Antwortlatenzen (Pause und Krauel 2000) verkürzt, kann davon ausgegangen werden, dass das olfaktorische Training als Trainingseffekt zu einer Verkürzung der Latenz und einer schnelleren sensorischen Verarbeitung und erhöhten Aufmerksamkeit geführt hat. Für den Peak P2 zeigte sich kein signifikanter Effekt.

Da sich keine weiteren Effekte zeigten wird davon ausgegangen, dass die Trainingszeit zu kurz war, die Probanden durch die neue Erfahrung der Elektroden auf dem Kopf nicht aufmerksam oder sogar überfordert waren. Es wurden vermutlich in dieser Versuchsreihe keine tieferen kortikalen Prozesse angeregt, die zu weiteren Verkürzung der Antwortlatenz führen (Geisler et al. 1999).

5.2.2 Antwortamplituden

Es zeigte sich ein signifikanter Effekte für die Amplitude des N1 Peaks für Position*Seite in den Antwortamplituden Cz, Fz und Pz. Da der frühe Peak N1 für die exogene Reizkomponente steht, kann davon ausgegangen werden, dass durch die olfaktorische Repetition die exogene Wahrnehmung des olfaktorischen Reizes gesteigert wurde. Die Seite der Applikation (Rechts, Links) spielte eine Rolle als einflussnehmender Parameter bei der olfaktorischen Wahrnehmung, als auch die Position der ableitenden Elektrode. Es zeigte sich allerdings kein Effekt zwischen den beiden Gruppen (BT; RT) auf den N1 Peak. Damit hat das olfaktorische Training keinen Einfluss auf diese Effekte. Es ist davon auszugehen, dass bereits die Kurzintervention mit der vermehrten Auseinandersetzung mit Düften bereits in der BT zu einer neuronalen Veränderung geführt hat, welche sich aber nicht durch ein Training wie in der RT verstärkt hat. Aufgrund der begrenzten Probandenzahl ist anzunehmen, dass sich bei einem größeren untersuchten Kollektiv weitere Effekte zeigen.

Für den P2 Peaks zeigte sich ein signifikanter Effekt für Position*Stimulus und Position*Stimulus*Seite in den Antwortamplituden Cz, Fz und Pz. Für die Ableitungen C3 und C4 zeigte sich für den Peak P2 kein signifikanter Effekt.

Die P2 Amplitude weist auf endogene Reizkomponenten wie Vertrautheit und Bedeutung hin (Pause et al. 1996). Durch das olfaktorische Training hat sich das olfaktorische System

häufiger mit den Düften oder Stimuli (PEA und H₂S) auseinandersetzen müssen. Hier spiegeln sich auch Veränderungen der zentralen Verarbeitung wieder. Es zeigte sich kein Effekt zwischen den beiden Gruppen (BT, RT), so dass dieser Effekt nicht auf das Training zurückzuführen ist. Es kann davon ausgegangen werden, dass bereits Kurzzeiteffekte nach nur 2 Kontakten mit den Düften, wie in der BT im Prä- und Posttraining, zu einer Veränderung der olfaktorischen Systems führen können.

PEA als angenehmer Duft hat durchweg höhere Amplituden in der BT als in der RT. Das kann Ausdruck eines adaptiven, zentralen Prozesses sein. Der Duft H₂S hat ebenfalls in der BT vorwiegend größere Amplituden als in der RT. Bisherige Studien zeigen für H₂S eher eine Verringerung der Sensitivität (Livermore und Hummel 2004). Dies zeigte sich in dieser Studie ebenfalls für H₂S als auch PEA. Veränderungen auf Bulbus Ebene sind an solchen Prozessen beteiligt. Die Erniedrigung der olfaktorischen Sensitivität kann als Lernprozess auf kortikaler Ebene gewertet werden. Bei der Desensibilisierung von H₂S können modulierende Effekte von höheren kortikalen Ebenen zugrunde liegen und sich in einer Form von Kurzzeit Inhibition auf Bulbus Ebene abbilden (Kay und Laurent 1999). Dieser Lernprozess repräsentiert die neuronale Plastizität des olfaktorischen Systems. Die Unterschiede zwischen den beiden Düften kann durch ihre unterschiedliche hedonische Qualität, angenehm und unangenehm, hervorgerufen sein. Es ist auch anzunehmen, dass durch die enge Verbindung der hedonischen und emotionalen zentralen Verarbeitung (Dijksterhuis et al. 2002) verschiedenste und individuelle assoziierte Emotionen gegenüber den beiden Düften eine Rolle spielten. Diese Verknüpfung sollte in weiteren Studien eingehender untersucht werden.

Der Peak P1N1 zeigte einen signifikante Effekte für Position und Position*Seite in den Antwortamplituden Cz, Fz und Pz. Für die Ableitung C3 und C4 zeigten sich keine signifikanten Effekte. Hier zeigte sich ebenfalls ein Effekt zwischen der Position der ableitenden Elektrode und der applizierten Seite (Rechts, Links). Damit zeigte sich auch hier, dass die Position der ableitenden Elektrode und die applizierte Seite (Rechts, Links) einen Einfluss auf die Amplitude haben. Es konnte kein Effekt zwischen den Düften (PEA, H₂S) und den beiden Gruppen (BT, RT) gezeigt werden.

Für den Peak N1P2 zeigten sich positive Effekte für Position*Stimulus*Seite in den Antwortamplituden Cz, Fz und Pz. Hier zeigten sich ebenfalls der Einfluss der applizierten Seite und die Position der ableitenden Elektrode auf die Antwortamplitude. Zusätzlich zeigte sich ein Einfluss des Duftes (PEA, H₂S) auf die Antwortamplitude. Für die Ableitung C3 und C4 zeigte sich ein signifikanter Effekt in Position*Seite*Training. Somit zeigt sich für die Antwortamplituden in C3 und C4 ein positiver Trainingseffekt zwischen den Gruppen (BT, RT) für den Peak N1 P2. In diesen beiden Positionen zeigte sich ebenfalls ein positiver Effekt hinsichtlich der Lateralisierung in Bezug auf die beiden Gruppen (BT, RT). Es wird

deutlich, dass die RT von dem Training profitiert und es möglich ist mit passiv applizierten, reinen olfaktorischen Düften ein differenziertes Wahrnehmen der Düfte durch Trainings zu schulen.

Für den Duft PEA zeigten sich deutlich höhere Amplituden für die Seite die rechte Seite, als für die linke in den Positionen C3 und C4. Für den Duft H₂S sind diese nicht ganz so deutlich unterschiedlich. Somit zeigte sich eine Seitendifferenz zugunsten der rechten Seite. Die Dominanz der rechten Nasenlochseite im Riechsystem wurde bereits in anderen Studien untersucht (Zatorre und Jones-Gotman 1990). Damit hat die stimulierte Nasenlochseite einen Einfluss auf die Amplitude, wie Olofsson et al. (Olofsson et al. 2006) zeigten.

Die höchsten Amplituden für den Duft PEA zeigen sich in der Ableitung Pz und C3. Für H₂S zeigen sie sich in der Ableitung Pz. Kobal et al zeigten auch diese Ableitung als Amplitudenmaxima an (Kobal et al. 1992). Dies lässt vermuten, dass zwei kortikale Areale bei der Verarbeitung reiner olfaktorischer Düfte eine Rolle spielen. Dies ist konsistent mit vorherigen Studienergebnissen (Hummel und Kobal 1992).

5.3 Gesamtanalyse

Diese Studie zeigte, dass das olfaktorische System bereits innerhalb eines kurzen Zeitraumes plastisch auf repetitive, passiv applizierte Duftreizgaben in Form eines Trainings reagieren kann. Dabei bildeten sich Unterschiede in der Verarbeitung des angenehmen Duftes PEA und des unangenehmen Duftes H₂S ab. Die intranasale Lokalisierung von passiv applizierten Düften zeigte in den Trainingssitzungen für beide Düfte Trainingserfolge. Dieser Effekt war lediglich für H₂S und nicht für PEA stabil. Dies kann ein Hinweis dafür sein, dass kurzfristige Veränderungen im olfaktorischen System nicht unbedingt von Dauer sind und möglicherweise mit der Hedonik des Duftes zusammenhängen.

In der EEG Messung zeigten sich die Antwortamplituden erhöht für die Applikation des Duftes auf der rechten Seite für PEA und weniger deutlich für H₂S. Grund dafür kann sein, dass für PEA Lerneffekte im Sinne einer Sensibilisierung eine Rolle spielten, für H₂S eher Habituation und Desensibilisierung.

Bisherige Untersuchungen der Lateralisierung von Düften zeigen ebenfalls widersprüchliche Ergebnisse. Die Hedonik stellte einen wichtigen Faktor in der Duftverarbeitung dar. Es zeigten sich keine Unterschiede zwischen dem rechten und linken Nasenloch für beide Düfte. Die Intensität zeigte keine Lateralisierung zugunsten einer Nasenlochseite.

Zusätzlich stellte sich heraus, dass eine vermehrte Duftexposition keinen Einfluss auf die Bedeutungsbeimessung der Duftwahrnehmung im Alltag hatte. Es schienen andere Faktoren eine Rolle bei der Bedeutungszusprechung zu spielen. Es ist zu vermuten, dass diese Faktoren sehr individueller Natur sind und von der Lebensbiographie, allgemeiner Sensibilität für sinnliches Wahrnehmen und kulturellen Aspekten geprägt werden und über das Leben hinweg konstant bleiben.

Wie lange solche Trainingseffekte beim Menschen anhalten ist bisher nicht ausreichend erforscht worden. Dies sollte Gegenstand weiterführender Forschung sein. Die Überdauerung von Trainingseffekten kann den Stellenwert des Riechtrainings als Therapieoption bei Riechstörungen stärken und weiter etablieren.

Es kann problematisch sein, die Ergebnisse dieser Studie auf nicht rechtshändige und männliche Erwachsene anzuwenden. Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen kann gefolgert werden, dass die Lokalisierung monorhinale passiv applizierten Düften trainierbar ist. Eine Ausweitung einer solchen Messung auf andere Population ist anzustreben. Insbesondere sollte untersucht werden, ob bei abnehmender olfaktorischer Funktion im Alter das Training des Riechsystems einen positiven Effekt zur Steigerung der olfaktorischen Sensitivität zeigt.

Die eruierten Differenzen zwischen dem angenehmen Duft PEA und dem unangenehmen Duft H₂S und ihrer möglicherweise assoziierten emotionalen, hormonalen und kulturellen Komponente sollten weiterhin eingehender untersucht werden.

Zur Überprüfung der gefundenen Ergebnisse sind Untersuchungen mit einem größeren Probandenkollektiv notwendig. Dann könnten Veränderungen der olfaktorischen Wahrnehmung genauer charakterisiert werden. Diese Studien sollten die Untersuchung der relativen Unterschiede zum Hör- und Sehsystem mit einschließen. Ein multimodaler Messungsansatz unter Zuhilfenahme von EEG und fMRT zur Untersuchung der internasalen Lokalisierung von Düften und deren Trainierbarkeit sollte angestrebt werden.

6.1 Zusammenfassung

In dieser Studie wurde untersucht, ob die Fähigkeit zur Lokalisierung von reinen, passiv applizierten Düften trainierbar ist und ob es Seitendifferenzen zwischen dem rechten und linken Nasenloch gibt.

Die Bedeutung der Paarigkeit des Riechsystems ist bis heute nicht vollständig geklärt. Bisherige Untersuchungen zeigten, dass gemischt olfaktorisch-trigeminale Duftstoffe gut lokalisiert werden können. Bei reinen Duftstoffen dagegen sind die Darstellungen widersprüchlich. Die Trainierbarkeit der Lateralisierung des Riechsystems wurde bisher kaum untersucht.

Eingeschlossen wurden junge, gesunde und rechtshändige Frauen ohne Riechstörungen. Die Probanden wurden in zwei Gruppen unterteilt und nahmen an mehreren Sitzungen teil. Untersucht wurde mit den Düften Schwefelwasserstoff (H_2S) und Phenylethylalkohol (PEA). Dies sind zwei reine Olfaktoriusreizstoffe. In der ersten Sitzung, dem Prätraining, wurde bei den Probanden die Lokalisierung von Düften, deren Hedonik und Intensität erfasst. Zusätzlich beantworteten die Probanden einen Fragebogen zur Bedeutung der Düfte im Alltag. Danach fanden vier Trainingssitzungen statt, ein olfaktorisches Training in der Versuchsgruppe und ein Brain Jogging in der Kontrollgruppe. In der letzten Sitzung, dem Posttraining, erfolgte wieder die Erfassung der Lokalisierung von Düften, deren Hedonik und Intensität und zusätzlich eine EEG Messung. Vier Wochen später erfolgte eine nochmalige Befragung zur Bedeutung der Düfte im Alltag mittels eines Nachuntersuchungsfragebogens. Es wurde vermutet, dass die Probanden vor dem Training nicht in der Lage sein werden das Nasenloch des Duftstimulus richtig zu identifizieren. Zusätzlich wurde der Einfluss repetitiver Duftgaben auf Hedonik, Intensität, ihrer Lateralisierungsphänome und der Bedeutungsbeimessung von Düften im Alltag untersucht.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass die intranasale Lokalisierung von reinen olfaktorischen Düften trainierbar ist. Dieser Effekte war im Training stabil. In dem Posttraining zeigte sich dieser Effekt nur für H_2S . Seitendifferenzen zeigten sich keine. In der EEG Messung zeigten sich Trainingseffekte in den Ableitung C3 und C4.

Die Hedonik zeigte keine Lateralisierung zugunsten eines Nasenloches für beide Düfte. Die Intensitätswahrnehmung der Düfte wurde nicht lateralisiert. Die vermehrte Duftexposition hatte keinen Einfluss auf die Duftwahrnehmung im Alltag. Es sollten weitere Studien zu dem Thema mit einer größeren Population und erweiterter Messmethodik durchgeführt werden.

6.2 Conclusion

The aim of the study was to investigate whether the ability to localize a pure, passively applied olfactory stimulus can be trained and whether there are side differences between the right and the left nostril.

The importance of the pairing of the olfactory system is not clarified to date. Investigations so far show that mixed olfactory-trigeminal scents can be localized. However reports on pure odorants are inconsistent. The trainability of the olfactory system is continued to be researched on. If the localization of odors is trainable has hardly been explored yet.

In this study young, healthy and right handed female subjects without olfactory disorders were included. The subjects were divided into two groups and attended several sessions. Hydrogen sulphide (H₂S) and phenyl-ethyl-alcohol (PEA) were used as two pure olfactory odorants to be measured by the subjects. During the first session, the pretraining, the localization of odors, their hedonic and intensity were rated. Additionally the subjects answered a questionnaire about the significance of olfaction in everyday life. After that the subjects attended four training sessions, either an olfactory training in the experimental group or a brain jogging in the control group. In the last session, the posttraining, again, the localization of odors, their hedonic and intensity were rated in addition to an EEG measuring. Four weeks later the questionnaire about the significance of odors was answered again.

It was assumed that before training the subjects would not be able to determine the nostril on which the stimulus has been given. In addition the effect of repetitive odor stimuli on hedonic, intensity and the significance of odorants in everyday life were investigated.

The results suggested that the ability to localize pure olfactory odorants was trainable. This effect was stable in the training session. In the posttraining this could be shown only for H₂S. Side differences could not be found. The EEG measurement revealed a positive training effect in the positions C3 and C4.

The results for the hedonic measurement showed no lateralization for both odorants for the left and right nostril. The intensity was also not lateralized. An increase in odor stimuli did not have effects on the significance of odor perception in everyday life. More studies with this topic with a larger population and extended measuring methods should be conducted.

7 Verzeichnisse

7.1 Literaturverzeichnis

- (2006). "Guideline 5: guidelines for standard electrode position nomenclature." *Am J Electroneurodiagnostic Technol* 46(3): 222-225.
- Alvarez-Buylla, A. (1997). "Mechanism of migration of olfactory bulb interneurons." *Semin Cell Dev Biol* 8(2): 207-213.
- Anderson, A. K., K. Christoff, et al. (2003). "Dissociated neural representations of intensity and valence in human olfaction." *Nat Neurosci* 6(2): 196-202.
- Baba, T., A. Takeda, et al. (2011). "Association of olfactory dysfunction and brain. Metabolism in Parkinson's disease." *Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society* 26(4): 621-628.
- Boesveldt, S., S. T. Lindau, et al. (2011). "Gustatory and olfactory dysfunction in older adults: a national probability study." *Rhinology* 49(3): 324-330.
- Brennan, P. A. and E. B. Keverne (1997). "Neural mechanisms of mammalian olfactory learning." *Prog Neurobiol* 51(4): 457-481.
- Brunjes, P. C. (1994). "Unilateral naris closure and olfactory system development." *Brain Res Brain Res Rev* 19(1): 146-160.
- Buck, L. and R. Axel (1991). "A novel multigene family may encode odorant receptors: a molecular basis for odor recognition." *Cell* 65(1): 175-187.
- Buschhuter, D., M. Smitka, et al. (2008). "Correlation between olfactory bulb volume and olfactory function." *Neuroimage* 42(2): 498-502.
- Cecchi, G. A., L. T. Petreanu, et al. (2001). "Unsupervised learning and adaptation in a model of adult neurogenesis." *J Comput Neurosci* 11(2): 175-182.
- Chambers, R. A., M. N. Potenza, et al. (2004). "Simulated apoptosis/neurogenesis regulates learning and memory capabilities of adaptive neural networks." *Neuropsychopharmacology* 29(4): 747-758.
- Clark, R. E., J. R. Manns, et al. (2002). "Classical conditioning, awareness, and brain systems." *Trends Cogn Sci* 6(12): 524-531.
- Crandall, J. E., C. Dibble, et al. (2000). "Patterning of olfactory sensory connections is mediated by extracellular matrix proteins in the nerve layer of the olfactory bulb." *J Neurobiol* 45(4): 195-206.
- Croy, I., D. Buschhuter, et al. (2010). "Individual significance of olfaction: development of a questionnaire." *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies* 267(1): 67-71.
- Dalton, P., N. Doolittle, et al. (2002). "Gender-specific induction of enhanced sensitivity to odors." *Nat Neurosci* 5(3): 199-200.

- Daniels, C., B. Gottwald, et al. (2001). "Olfactory event-related potentials in patients with brain tumors." *Clin Neurophysiol* 112(8): 1523-1530.
- Delank, K. W. (1998). "[Subjective and objective methods for evaluating sense of smell]." *HNO* 46(2): W182-190.
- Dijksterhuis, G. B., P. Møller, et al. (2002). "Gender and handedness effects on hedonicity of laterally presented odours." *Brain and Cognition* 50(2): 272-281.
- Distel, H., S. Ayabe-Kanamura, et al. (1999). "Perception of everyday odors--correlation between intensity, familiarity and strength of hedonic judgement." *Chemical senses* 24(2): 191-199.
- Doty, R. L., W. E. Brugger, et al. (1978). "Intranasal trigeminal stimulation from odorous volatiles: psychometric responses from anosmic and normal humans." *Physiol Behav* 20(2): 175-185.
- Doty, R. L. and K. L. Kerr (2005). "Episodic odor memory: influences of handedness, sex, and side of nose." *Neuropsychologia* 43(12): 1749-1753.
- Doty, R. L., M. Kizat, et al. (2008). "Estrogen replacement therapy induces functional asymmetry on an odor memory/discrimination test." *Brain Res* 1214: 35-39.
- Duus, P. (2003). *Neurologisch-topische Diagnostik : Anatomie - Funktion - Klinik, [Stuttgart] : Thieme.*
- Eccleston, R. (2006). "Think or Sink." *The Weekend Australian Magazine* 2006: 3-11.
- Engen, T. (1960). "Effect of practice and instruction on olfactory thresholds." *Perceptual and Motor Skills* 10: 195-198.
- Evans, W. J., L. Cui, et al. (1995). "Olfactory event-related potentials in normal human subjects: effects of age and gender." *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 95(4): 293-301.
- Fletcher, M. L. and W. R. Chen (2010). "Neural correlates of olfactory learning: Critical role of centrifugal neuromodulation." *Learn Mem* 17(11): 561-570.
- Fletcher, M. L. and D. A. Wilson (2003). "Olfactory bulb mitral-tufted cell plasticity: odorant-specific tuning reflects previous odorant exposure." *J Neurosci* 23(17): 6946-6955.
- Forster, G., M. Damm, et al. (2004). "[Testing the sense of smell using validated procedures]." *Z Arztl Fortbild Qualitatssich* 98(4): 279-281.
- Frasnelli, J., G. Charbonneau, et al. (2009). "Odor localization and sniffing." *Chemical senses* 34(2): 139-144.
- Frasnelli, J., T. Hummel, et al. (2011). "Intranasal localizability of odorants: influence of stimulus volume." *Chemical senses* 36(4): 405-410.
- Gardiner, J. M. and J. Atema (2010). "The function of bilateral odor arrival time differences in olfactory orientation of sharks." *Current biology : CB* 20(13): 1187-1191.

- Geisler, M. W., C. D. Morgan, et al. (1999). "Neuropsychological performance and cognitive olfactory event-related brain potentials in young and elderly adults." *J Clin Exp Neuropsychol* 21(1): 108-126.
- Gheusi, G., H. Cremer, et al. (2000). "Importance of newly generated neurons in the adult olfactory bulb for odor discrimination." *Proc Natl Acad Sci U S A* 97(4): 1823-1828.
- Gilbert, A. N. and S. Firestein (2002). "Dollars and scents: commercial opportunities in olfaction and taste." *Nat Neurosci* 5 Suppl: 1043-1045.
- Goektas, O., F. Schmidt, et al. (2011). "Olfactory bulb volume and olfactory function in patients with multiple sclerosis." *Rhinology* 49(2): 221-226.
- Goldstein, E. (2002). *Wahrnehmungspsychologie*, Heidelberg ; Berlin : Spektrum, Akad. Verl.
- Good, K. P., J. S. Martzke, et al. (2003). "Unirhinal norms for the University of Pennsylvania Smell Identification Test." *Clin Neuropsychol* 17(2): 226-234.
- Gottfried, J. A. (2006). "Smell: central nervous processing." *Adv Otorhinolaryngol* 63: 44-69.
- Gudziol, V., C. Hummel, et al. (2007). "Lateralized differences in olfactory function." *The Laryngoscope* 117(5): 808-811.
- Guss, J., L. Doghramji, et al. (2009). "Olfactory dysfunction in allergic rhinitis." *ORL J Otorhinolaryngol Relat Spec* 71(5): 268-272.
- Haehner, A., A. Rodewald, et al. (2008). "Correlation of olfactory function with changes in the volume of the human olfactory bulb." *Archives of Otolaryngology--Head & Neck Surgery* 134(6): 621-624.
- Hedner, M., M. Larsson, et al. (2010). "Cognitive factors in odor detection, odor discrimination, and odor identification tasks." *J Clin Exp Neuropsychol* 32(10): 1062-1067.
- Hirsch, A. R. (1992). "Olfaction in migraineurs." *Headache* 32(5): 233-236.
- Homewood, J. and R. J. Stevenson (2001). "Differences in naming accuracy of odors presented to the left and right nostrils." *Biol Psychol* 58(1): 65-73.
- Hox, V., S. Bobic, et al. (2010). "Nasal obstruction and smell impairment in nasal polyp disease: correlation between objective and subjective parameters." *Rhinology* 48(4): 426-432.
- Hummel, T. (2003). "[Therapy of olfactory loss]." *Laryngorhinootologie* 82(8): 552-554.
- Hummel, T., R. Gollisch, et al. (1991). "Changes in olfactory perception during the menstrual cycle." *Experientia* 47(7): 712-715.
- Hummel, T., S. Heilmann, et al. (2002). *Olfaction, Taste, and Cognition*, New York: Cambridge University Press.
- Hummel, T. and G. Kobal (1992). "Differences in human evoked potentials related to olfactory or trigeminal chemosensory activation." *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section* 84(1): 84-89.

- Hummel, T., G. Kobal, et al. (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." *European archives of oto-rhino-laryngology : official journal of the European Federation of Oto-Rhino-Laryngological Societies* 264(3): 237-243.
- Hummel, T., C. G. Konnerth, et al. (2001). "Screening of olfactory function with a four-minute odor identification test: reliability, normative data, and investigations in patients with olfactory loss." *Ann Otol Rhinol Laryngol* 110(10): 976-981.
- Hummel, T., P. Mohammadian, et al. (1998). "Handedness is a determining factor in lateralized olfactory discrimination." *Chemical senses* 23(5): 541-544.
- Hummel, T., K. Rissom, et al. (2009). "Effects of olfactory training in patients with olfactory loss." *The Laryngoscope* 119(3): 496-499.
- Jafek, B. W., B. Murrow, et al. (2002). "Biopsies of human olfactory epithelium." *Chemical senses* 27(7): 623-628.
- Jennings, R. A., C. J. Hambright Keiger, et al. (1995). "Time course of reinnervation of the olfactory bulb after transection of the primary olfactory nerve in the pigeon." *Brain Res* 683(2): 159-163.
- Jiang, R. S., F. J. Lu, et al. (2008). "Olfactory function in patients with chronic rhinosinusitis before and after functional endoscopic sinus surgery." *Am J Rhinol* 22(4): 445-448.
- Kaba, H. and S. Nakanishi (1995). "Synaptic mechanisms of olfactory recognition memory." *Rev Neurosci* 6(2): 125-141.
- Kajiya, K., K. Inaki, et al. (2001). "Molecular bases of odor discrimination: Reconstitution of olfactory receptors that recognize overlapping sets of odorants." *J Neurosci* 21(16): 6018-6025.
- Kay, L. M. and G. Laurent (1999). "Odor- and context-dependent modulation of mitral cell activity in behaving rats." *Nat Neurosci* 2(11): 1003-1009.
- Kettenmann, B., C. Hummel, et al. (1997). "Multiple olfactory activity in the human neocortex identified by magnetic source imaging." *Chemical senses* 22(5): 493-502.
- Kleemann, A. M., J. Albrecht, et al. (2009). "Trigeminal perception is necessary to localize odors." *Physiol Behav* 97(3-4): 401-405.
- Klem, G. H., H. O. Luders, et al. (1999). "The ten-twenty electrode system of the International Federation. The International Federation of Clinical Neurophysiology." *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl* 52: 3-6.
- Knaapila, A., H. Tuorila, et al. (2008). "Self-ratings of olfactory function reflect odor annoyance rather than olfactory acuity." *The Laryngoscope* 118(12): 2212-2217.
- Kobal, G., T. Hummel, et al. (1992). "Differences in human chemosensory evoked potentials to olfactory and somatosensory chemical stimuli presented to left and right nostrils." *Chemical senses* 17(3): 233-244.
- Kobal, G. and K. H. Plattig (1978). "[Objective olfactometry: methodological annotations for recording olfactory EEG-responses from the awake human]." *EEG EMG Z Elektroenzephalogr Elektromyogr Verwandte Geb* 9(3): 135-145.

- Kobal, G., S. Van Toller, et al. (1989). "Is there directional smelling?" *Experientia* 45(2): 130-132.
- Kobal, G. H., T; Pauli, E (1989). "Correlates of hedonic estimates in the olfactory evoked potential." *Chemical Senses* 14.
- Larsson, M., D. Finkel, et al. (2000). "Odor identification: influences of age, gender, cognition, and personality." *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 55(5): P304-310.
- Laska, M. and R. Hudson (1991). "A comparison of the detection thresholds of odour mixtures and their components." *Chemical senses* 16(6): 651-662.
- Leung, C. H. and D. A. Wilson (2003). "Trans-neuronal regulation of cortical apoptosis in the adult rat olfactory system." *Brain Res* 984(1-2): 182-188.
- Linster, C., B. A. Johnson, et al. (2002). "Spontaneous versus reinforced olfactory discriminations." *J Neurosci* 22(16): 6842-6845.
- Livermore, A. and T. Hummel (2004). "The influence of training on chemosensory event-related potentials and interactions between the olfactory and trigeminal systems." *Chemical senses* 29(1): 41-51.
- Lledo, P. M., M. Alonso, et al. (2006). "Adult neurogenesis and functional plasticity in neuronal circuits." *Nat Rev Neurosci* 7(3): 179-193.
- Lledo, P. M. and G. Gheusi (2003). "Olfactory processing in a changing brain." *Neuroreport* 14(13): 1655-1663.
- Mainland, J. D., E. A. Bremner, et al. (2002). "Olfactory plasticity: one nostril knows what the other learns." *Nature* 419(6909): 802.
- Martin, C., R. Gervais, et al. (2004). "Learning modulation of odor-induced oscillatory responses in the rat olfactory bulb: a correlate of odor recognition?" *J Neurosci* 24(2): 389-397.
- Miwa, T., M. Furukawa, et al. (2001). "Impact of olfactory impairment on quality of life and disability." *Archives of otolaryngology--head & neck surgery* 127(5): 497-503.
- Mohr, C., C. M. Rohrenbach, et al. (2001). "Unilateral olfactory perception and magical ideation." *Schizophr Res* 47(2-3): 255-264.
- Moller, R., B. M. Pause, et al. (1999). "[Inducibility of olfactory sensitivity by odor exposure of persons with specific anosmia]." *Z Exp Psychol* 46(1): 53-59.
- Moskowitz, H., A. Dravnieks, et al. (1976). "Odor intensity and pleasantness for a diverse set of odorants." *Attention, Perception, & Psychophysics* 19(2): 122-128.
- Mundinano, I. C., M. C. Caballero, et al. (2011). "Increased dopaminergic cells and protein aggregates in the olfactory bulb of patients with neurodegenerative disorders." *Acta Neuropathol* 122(1): 61-74.
- Najbauer, J. and M. Leon (1995). "Olfactory experience modulated apoptosis in the developing olfactory bulb." *Brain Res* 674(2): 245-251.
- Navarrete-Palacios, E., R. Hudson, et al. (2003). "Lower olfactory threshold during the ovulatory phase of the menstrual cycle." *Biol Psychol* 63(3): 269-279.

- Nevitt, G. A., A. H. Dittman, et al. (1994). "Evidence for a peripheral olfactory memory in imprinted salmon." *Proc Natl Acad Sci U S A* 91(10): 4288-4292.
- Nores, J. M., B. Biacabe, et al. (2000). "[Olfactory disorders and general pathology. Analysis and review of the literature]." *Rev Med Interne* 21(1): 95-104.
- Olofsson, J. K., D. A. Broman, et al. (2006). "Laterality of the olfactory event-related potential response." *Chemical senses* 31(7): 699-704.
- Palmer, T. D., E. A. Markakis, et al. (1999). "Fibroblast growth factor-2 activates a latent neurogenic program in neural stem cells from diverse regions of the adult CNS." *J Neurosci* 19(19): 8487-8497.
- Parving, A., M. Biering-Sorenson, et al. (1997). "Hearing in the elderly > or = 80 years of age. Prevalence of problems and sensitivity." *Scand Audiol* 26(2): 99-106.
- Pause, B. M. and K. Krauel (2000). "Chemosensory event-related potentials (CSERP) as a key to the psychology of odors." *Int J Psychophysiol* 36(2): 105-122.
- Pause, B. M., B. Sojka, et al. (1997). "Central processing of odor concentration is a temporal phenomenon as revealed by chemosensory event-related potentials (CSERP)." *Chemical senses* 22(1): 9-26.
- Pause, B. M., B. Sojka, et al. (1996). "The nature of the late positive complex within the olfactory event-related potential (OERP)." *Psychophysiology* 33(4): 376-384.
- Perez-Orive, J., O. Mazor, et al. (2002). "Oscillations and sparsening of odor representations in the mushroom body." *Science* 297(5580): 359-365.
- Pignatelli, A. and O. Belluzzi (2010). *Neurogenesis in the Adult Olfactory Bulb, The Neurobiology of Olfaction*. Boca Raton FL, Llc.
- Ponsen, M. M., D. Stoffers, et al. (2004). "Idiopathic hyposmia as a preclinical sign of Parkinson's disease." *Ann Neurol* 56(2): 173-181.
- Porcherot, C., S. Delplanque, et al. (2010). "How do you feel when you smell this? Optimization of a verbal measurement of odor-elicited emotions." *Food Quality and Preference* 21(8): 938-947.
- Porter, J., B. Craven, et al. (2007). "Mechanisms of scent-tracking in humans." *Nat Neurosci* 10(1): 27-29.
- Radil, T. and C. J. Wysocki (1998). "Spatiotemporal masking in pure olfaction." *Ann N Y Acad Sci* 855: 641-644.
- Rajan, R., J. P. Clement, et al. (2006). "Rats smell in stereo." *Science* 311(5761): 666-670.
- Reiffenstein, R. J., W. C. Hulbert, et al. (1992). "Toxicology of hydrogen sulfide." *Annu Rev Pharmacol Toxicol* 32: 109-134.
- Rindermann, H. and A. Neubauer (2000). "Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit und Schulerfolg: Weisen basale Maße der Intelligenz prädiktive Validität auf? ." *Diagnostica* 6, Nr. 1: 8-17.

- Rolls, E. T., M. L. Kringelbach, et al. (2003). "Different representations of pleasant and unpleasant odours in the human brain." *European Journal of Neuroscience* 18(3): 695-703.
- Rombaux, P., A. Mouraux, et al. (2006). "Assessment of olfactory and trigeminal function using chemosensory event-related potentials." *Neurophysiol Clin* 36(2): 53-62.
- Rosnow, R. L. and R. Rosenthal (1966). "Volunteer subjects and the results of opinion change studies." *Psychol Rep* 19(3): 1183-1187.
- Roxo, M. R., P. R. Franceschini, et al. (2011). "The limbic system conception and its historical evolution." *ScientificWorldJournal* 11: 2428-2441.
- Royet, J. P., O. Koenig, et al. (1999). "Functional anatomy of perceptual and semantic processing for odors." *J Cogn Neurosci* 11(1): 94-109.
- Saar, D. and E. Barkai (2003). "Long-term modifications in intrinsic neuronal properties and rule learning in rats." *Eur J Neurosci* 17(12): 2727-2734.
- Saar, D., Y. Grossman, et al. (2002). "Learning-induced enhancement of postsynaptic potentials in pyramidal neurons." *J Neurophysiol* 87(5): 2358-2363.
- Savic, I. and H. Berglund (2000). "Right-nostril dominance in discrimination of unfamiliar, but not familiar, odours." *Chemical senses* 25(5): 517-523.
- Schmidt, F. A., O. Goktas, et al. (2011). "Structural correlates of taste and smell loss in encephalitis disseminata." *PloS one* 6(5): e19702.
- Schwob, J. E. (2002). "Neural regeneration and the peripheral olfactory system." *Anat Rec* 269(1): 33-49.
- Scognamiglio, J., L. Jones, et al. (2011). "Fragrance material review on phenylethyl alcohol." *Food Chem Toxicol*.
- Slotnick, B. (2001). "Animal cognition and the rat olfactory system." *Trends Cogn Sci* 5(5): 216-222.
- Smith, R. S., R. L. Doty, et al. (1993). "Smell and taste function in the visually impaired." *Percept Psychophys* 54(5): 649-655.
- Soudry, Y., C. Lemogne, et al. (2011). "Olfactory system and emotion: common substrates." *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis* 128(1): 18-23.
- Suarez, F., J. Furne, et al. (1997). "Insights into human colonic physiology obtained from the study of flatus composition." *Am J Physiol* 272(5 Pt 1): G1028-1033.
- Tangerman, A. and E. G. Winkel (2007). "Intra- and extra-oral halitosis: finding of a new form of extra-oral blood-borne halitosis caused by dimethyl sulphide." *J Clin Periodontol* 34(9): 748-755.
- Temmel, A. F., S. Pabinger, et al. (2005). "Dysfunction of the liver affects the sense of smell." *Wien Klin Wochenschr* 117(1-2): 26-30.
- Thuerauf, N., A. Gossler, et al. (2008). "Olfactory lateralization: odor intensity but not the hedonic estimation is lateralized." *Neurosci Lett* 438(2): 228-232.

- Vent, J., D. W. Wang, et al. (2010). "Effects of traditional Chinese acupuncture in post-viral olfactory dysfunction." *Otolaryngology--head and neck surgery : official journal of American Academy of Otolaryngology-Head and Neck Surgery* 142(4): 505-509.
- Voznessenskaya, V., V. Parfyonova, et al. (1994). "Induced Olfactory Sensitivity in Rodents: A General Phenomen." *Advances in the Biosciences* 93(399-406).
- Wang, J. J., S. Foran, et al. (2000). "Age-specific prevalence and causes of bilateral and unilateral visual impairment in older Australians: the Blue Mountains Eye Study." *Clin Experiment Ophthalmol* 28(4): 268-273.
- Wang, L., L. Chen, et al. (2004). "Evidence for peripheral plasticity in human odour response." *J Physiol* 554(Pt 1): 236-244.
- Weinstock, R. S., H. N. Wright, et al. (1993). "Olfactory dysfunction in diabetes mellitus." *Physiol Behav* 53(1): 17-21.
- Westervelt, H. J., J. S. Ruffolo, et al. (2005). "Assessing olfaction in the neuropsychological exam: the relationship between odor identification and cognition in older adults." *Arch Clin Neuropsychol* 20(6): 761-769.
- Willander, J. and M. Larsson (2007). "Olfaction and emotion: the case of autobiographical memory." *Memory & cognition* 35(7): 1659-1663.
- Wilson, D. A. (2000). "Comparison of odor receptive field plasticity in the rat olfactory bulb and anterior piriform cortex." *J Neurophysiol* 84(6): 3036-3042.
- Wilson, D. A., A. R. Best, et al. (2004). "Plasticity in the olfactory system: lessons for the neurobiology of memory." *Neuroscientist* 10(6): 513-524.
- Wilson, D. A. and R. J. Stevenson (2003). "The fundamental role of memory in olfactory perception." *Trends Neurosci* 26(5): 243-247.
- Wolfensberger, M. and T. Hummel (2002). "Anti-inflammatory and surgical therapy of olfactory disorders related to sino-nasal disease." *Chemical senses* 27(7): 617-622.
- Wysocki, C. J., B. J. Cowart, et al. (2003). "Nasal trigeminal chemosensitivity across the adult life span." *Percept Psychophys* 65(1): 115-122.
- Wysocki, C. J., K. M. Dorries, et al. (1989). "Ability to perceive androstenone can be acquired by ostensibly anosmic people." *Proc Natl Acad Sci U S A* 86(20): 7976-7978.
- Yee, K. K. and C. J. Wysocki (2001). "Odorant exposure increases olfactory sensitivity: olfactory epithelium is implicated." *Physiol Behav* 72(5): 705-711.
- Yousem, D. M., J. A. Maldjian, et al. (1999). "Gender effects on odor-stimulated functional magnetic resonance imaging." *Brain Res* 818(2): 480-487.
- Zatorre, R. J. and M. Jones-Gotman (1990). "Right-nostril advantage for discrimination of odors." *Percept Psychophys* 47(6): 526-531.
- Zatorre, R. J., M. Jones-Gotman, et al. (2000). "Neural mechanisms involved in odor pleasantness and intensity judgments." *Neuroreport* 11(12): 2711-2716.
- Zucco, G., M. T. Zeni, et al. (2001). "Olfactory sensitivity in early-stage Parkinson patients affected by more marked unilateral disorder." *Percept Mot Skills* 92(3 Pt 1): 894-898.

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.: Bindung der Duftmoleküle an die Riechschleimhaut	12
Abbildung 2.: Die einzelnen Bestandteile des olfaktorischen Systems.....	13
Abbildung 3.: Zentrales Riechsystem und seine Bestandteile	15
Abbildung 4.: 12er Sniffin' Stick Identifikationstest Test Kit.....	26
Abbildung 5.: 12er Sniffin' Stick Identifikations Test.....	26
Abbildung 6.: Gruppeneinteilung	29
Abbildung 7.: Duftapplikationsschema durch das Olfaktometer	30
Abbildung 8.: Intensitätsskala	31
Abbildung 9.: Hedonikskala	31
Abbildung 10.: Lateralisierungsskala	32
Abbildung 11.: Links: Applikation der Elektrodencreme, Rechts: Vorbereitung des Probanden für die Sitzung	34
Abbildung 12.: Olfaktometer mit seinen Bestandteilen.....	35
Abbildung 13.: Ableitungsschema für die EEG Messung nach dem 10/20 Modell	37
Abbildung 14.: OEP nach Duftreizung und Kontrollstimulus (Luft)	39
Abbildung 15.: Altersverteilung der Probanden.....	42
Abbildung 16.: Varianzanalyse (ANOVA): Summe aller A im FB „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“	47
Abbildung 17.: Varianzanalyse (ANOVA): Summe aller K im Follow up im FB „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“	47

Abbildung 18.: Varianzanalyse (ANOVA): Summe aller L im Follow up im FB „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“	48
Abbildung 19.: Varianzanalyse (ANOVA): Summe aller B, A, K im Follow up im FB „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“	48
Abbildung 20.: Lateralisierungsbewertung unabhängig vom Duft für BT und RT	50
Abbildung 21.: Lateralisierungsbewertung: PEA	51
Abbildung 22.: Lateralisierungsbewertung: H ₂ S	52
Abbildung 23.: Lateralisierungsbewertung: Rechte Seite für RT und BT	53
Abbildung 24.: Lateralisierungsbewertung: Linke Seite für RT und BT	53
Abbildung 25.: Mittelwerte der Zeit für die BT	54
Abbildung 26.: Anzahl der richtigen Antworten im Riechtraining für PEA und H ₂ S	55
Abbildung 27.: Hedonikbewertung: H ₂ S	57
Abbildung 28.: Intensitätsbewertung: PEA Rechts	59
Abbildung 29.: Intensitätsbewertung: PEA Links	59
Abbildung 30.: Latenz N1 in Position Cz, Fz, Pz, C3, C4 für H ₂ S	62
Abbildung 31.: Latenz N1 für Cz, Fz, Pz, C3, C4 für PEA	62
Abbildung 32.: Amplitude P2 in Position Cz/A1+A2 für H ₂ S	66
Abbildung 33.: Amplitude P2 in Position Cz/A1+A2 für PEA	66
Abbildung 34.: Amplitude N1P2 in Position C3/ A1+A2 für H ₂ S	67
Abbildung 35.: Amplitude N1P2 in Position C3/A1+A2 für PEA	67

7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.: Teilnahmekriterien der Studie	25
Tabelle 2.: Prozentangaben der Variablen im Sniffin' Stick Test	43
Tabelle 3.: Mittelwerte und Standardabweichung des Antwortverhaltens.....	43
Tabelle 4.: Mittelwerte und Standardabweichungen des FB im Prätraining „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“	44
Tabelle 5.: T-Test für unabhängige Stichproben des FB im Prätraining „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“	45
Tabelle 6.: Mittelwerte und Standardabweichungen des FB in der Nachuntersuchung „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“	45
Tabelle 7.: T-Test für unabhängige Stichproben des FB in der Nachuntersuchung „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“	45
Tabelle 8.: Varianzanalyse (ANOVA) des FB „Bedeutung der Geruchswahrnehmung“	46
Tabelle 9.: Mittelwerte und Standardabweichungen richtig identifizierter Riechstimuli	49
Tabelle 10.: Varianzanalyse (ANOVA) richtig identifizierter Riechstimuli und Lateralisierung	49
Tabelle 11.: Mittelwerte und Standardabweichungen richtig identifizierter Riechstimuli	51
Tabelle 12.: Varianzanalyse (ANOVA) richtig identifizierter Riechstimuli	51
Tabelle 13.: Mittelwerte und Standardabweichungen der Lateralisierung	52
Tabelle 14.: Mittelwerte und Standardabweichungen des Riechtrainings der RT	55
Tabelle 15.: Varianzanalyse (ANOVA) des Riechtrainings der RT	55

Tabelle 16.: Mittelwerte und Standardabweichungen der Hedonikbewertung	56
Tabelle 17.: Varianzanalyse (ANOVA) der Hedonikbewertung	56
Tabelle 18.: Mittelwerte und Standardabweichungen der Intensitätsbewertung	57
Tabelle 19.: T-Test der Intensitätsbewertung	58
Tabelle 20.: Varianzanalyse (ANOVA) der Intensitätsbewertung	58
Tabelle 21.: Varianzanalyse (ANOVA) der Intensitätsbewertung für H ₂ S und PEA	58
Tabelle 22.: Mittelwerte und Standardabweichungen den Antwortlatenzen	60
Tabelle 23.: Varianzanalyse (ANOVA) der Antwortlatenzen	61
Tabelle 24.: Mittelwerte und Standardabweichungen der Antwortamplituden	63
Tabelle 25.: Varianzanalyse (ANOVA) der Antwortamplituden Cz, Fz, Pz	64
Tabelle 26.: Varianzanalyse der Antwortamplituden C3 und C4	65