

---

# **Mentale Geruchsvorstellungen im Schlaf**

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

zur Erlangung eines doctor medicinae (Dr. med.)  
der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus  
der Technischen Universität Dresden

vorgelegt von  
Heike Astrid Weitz  
aus Berlin

Dresden 2010

---

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

2. Gutachter: \_\_\_\_\_

Tag der mündlichen Prüfung: \_\_\_\_\_

gez. \_\_\_\_\_

Vorsitzender der Prüfungskommission

---

*Für meine Eltern*

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>                           | <b>3</b>  |
| <b>1 Einleitung.....</b>                                     | <b>4</b>  |
| 1.1 Mentale Geruchsvorstellung.....                          | 4         |
| 1.2 Geruchsträume .....                                      | 6         |
| 1.3 Hypothesen und Zielstellung .....                        | 8         |
| <b>2 Mentale Vorstellungen .....</b>                         | <b>10</b> |
| 2.1 Willentlich hervorgerufene Geruchsvorstellungen .....    | 13        |
| 2.2 „Performance-Imagery“ .....                              | 15        |
| 2.3 Neuroimaging-Studien .....                               | 20        |
| 2.4 Olfaktorische Halluzinationen.....                       | 27        |
| 2.4.1 Erkrankungen des schizophrenen Formenkreises.....      | 27        |
| 2.4.2 Migräne und Epilepsie.....                             | 27        |
| 2.4.3 Eigengeruchswahn.....                                  | 28        |
| <b>3 Material und Methoden .....</b>                         | <b>29</b> |
| 3.1 Studiendesign .....                                      | 29        |
| 3.1.1 Studie 1: Ablauf und Durchführung der Erhebung .....   | 29        |
| 3.1.2 Studie 1: Aufbau des Fragebogens .....                 | 30        |
| 3.1.3 Studie 1: Bewertung des Fragebogens .....              | 31        |
| 3.1.4 Studie 2: Probandengut.....                            | 31        |
| 3.1.5 Studie 2: Ethische Aspekte .....                       | 32        |
| 3.1.6 Studie 2: Ablauf und Durchführung der Testungen.....   | 32        |
| 3.1.7 Studie 2: „Sniffin´ Sticks“ .....                      | 33        |
| 3.2 Mathematisch statistische Analyse .....                  | 36        |
| <b>4 Ergebnisse.....</b>                                     | <b>38</b> |
| 4.1 Studie 1 .....   | 38        |
| 4.1.1 Alters- und Geschlechterverteilung der Befragung ..... | 38        |
| 4.1.2 Generelle Traumerinnerung .....                        | 39        |
| 4.1.3 Erinnerung an einen Geruchstraum .....                 | 40        |
| 4.1.4 Abhängigkeit vom Geschlecht.....                       | 41        |
| 4.1.5 Abhängigkeit vom Alter .....                           | 42        |
| 4.1.6 Inhalte der Traumbeschreibungen.....                   | 42        |
| 4.1.7 Olfaktorisches Interesse.....                          | 44        |
| 4.2 Studie 2 .....   | 46        |
| 4.2.1 Beziehung zwischen Fragebogen und SDI-Wert.....        | 48        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>5</b> | <b>Diskussion</b> .....                          | <b>49</b> |
| 5.1      | Eigenschaften der Geruchsträume.....             | 49        |
| 5.2      | Bizarrität der Geruchseindrücke.....             | 52        |
| 5.3      | Sind Traumgerüche sensorische Empfindungen?..... | 53        |
| 5.4      | Unterschiede der Riechfunktion.....              | 55        |
| <b>6</b> | <b>Zusammenfassung</b> .....                     | <b>57</b> |
| 6.1      | Hintergrund und Ziele.....                       | 57        |
| 6.2      | Material und Methoden.....                       | 58        |
| 6.3      | Ergebnisse.....                                  | 58        |
| 6.4      | Schlussfolgerungen.....                          | 59        |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b> .....                | <b>60</b> |
|          | <b>Anhang</b> .....                              | <b>66</b> |
|          | <b>Danksagung</b> .....                          | <b>68</b> |
|          | <b>Erklärungen des Bewerbers</b> .....           | <b>69</b> |
|          | <b>Thesen</b> .....                              | <b>70</b> |

## **Abkürzungsverzeichnis**

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>fMRT</b>     | funktionelle Magnetresonanztomographie                                  |
| <b>n</b>        | Stichprobenanzahl   |
| <b>NTR</b>      | Nicht-Traumriecher  |
| <b>PET</b>      | Positronen-Emissions-Tomographie  |
| <b>p</b>        | Signifikanzniveau   |
| <b>QMI</b>      | The Betts Questionnaire upon mental imagery                             |
| <b>r</b>        | Korrelationskoeffizient   |
| <b>SDI-Wert</b> | Gesamtergebnis nach Testung Schwelle, Diskrimination und Identifikation |
| <b>SPSS</b>     | Statistical Package for the Social Sciences                             |
| <b>VOIQ</b>     | Vividness of Olfactory Imagery Questionnaire                            |
| <b>VVIQ</b>     | The vividness of visual imagery questionnaire                           |

# 1 Einleitung

## 1.1 Mentale Geruchsvorstellung

Die Existenz einer mentalen Geruchsempfindung, die mit der tatsächlichen Wahrnehmung eines Geruchs vergleichbar ist, wird in der Forschungsgemeinde kontrovers diskutiert (RINCK ET AL 2009, STEVENSON & CASE 2005a). Einige Autoren bezweifeln, dass Menschen in der Lage sind, mentale Geruchsvorstellungen im Sinne wahrnehmungsbasierter Wissensrepräsentationen hervorzurufen. Sie vertreten die Ansicht, dass mentale Geruchsvorstellungen nicht mit tatsächlichen Geruchsempfindungen vergleichbar sind. Herz zum Beispiel sieht mentale Geruchsvorstellungen eher als begriffliche Wissensrepräsentationen, die mithilfe der Sprache die ursprünglichen Eigenschaften des Geruchs beschreiben (HERZ 2000). Nichtsdestotrotz wird die Annahme, dass Menschen mit einer „mentalen Nase“ Gerüche wahrnehmen können, von einer wachsenden Anzahl experimenteller Studien zum Thema mentaler Geruchsvorstellungen unterstützt.

In vielen dieser Studien wird ein Studiendesign verwendet, bei dem die Probanden aufgefordert werden, sich einen Geruch *willentlich* vorzustellen, bevor die Leistung in einer experimentellen Aufgabe beobachtet wird. In der englischsprachigen Literatur werden Studien mit diesem Studiendesign deshalb auch als „Performance Imagery“ betitelt (z. B. STEVENSON & CASE 2005a). So untersuchten beispielsweise Lyman und McDaniel in einem Experiment, ob die mentale Vorstellung eines Geruchs das Erinnern dieses Duftstoffes fördert (LYMAN & MCDANIEL 1990). Die Forscher wiesen nach, dass die Probanden einen Duftstoff leichter erinnerten, wenn sie sich diesen zuvor geruchlich vorgestellt hatten. In einem anderen Experiment wurde zudem nachgewiesen, dass sowohl der wahrgenommene Geruch als auch die entsprechende Geruchsvorstellung die Trefferquote in einem Geruchstest beeinflusste. Das Hervorrufen einer visuellen Vorstellung hatte diesen Einfluss nicht (DJORDJEVIC ET AL 2004b). Die wichtige Funktion des „Schnüffeln“ beim Hervorrufen einer Geruchsempfindung wurde durch mehrere Experimente u. a. von Bensafi und Kollegen unterstrichen. Die Forscher zeigten, dass die Probanden sowohl bei der tatsächlichen Wahrnehmung eines Geruchs als auch bei dessen mentaler Vorstellung lebhaft „schnüffelten“ (BENSAFI ET AL 2003) und dass eine Blockade des Schnüffeln die Lebhaftigkeit der Geruchsempfindung verminderte (BENSAFI ET AL 2005).

In den letzten zehn Jahren sind als weiterer Studientyp zum Thema mentaler Vorstellungen Neuroimaging-Studien in Mode gewesen (z. B. HENKIN & LEVY 2002, DJORDJEVIC ET AL 2005,

BENSAFI ET AL 2007). Mithilfe von Neuroimaging-Verfahren wie fMRT (funktionelle Magnetresonanztomographie) oder PET (Positronen-Emissions-Tomographie) können Areale des Gehirns, die stoffwechselaktiv sind, bildlich dargestellt werden. Typischer Weise vergleichen Studien mit diesen Verfahren Aktivitätsareale bei mentaler Geruchsvorstellung und bei tatsächlicher Wahrnehmung. Ergebnisse dieser Studien zeigten, dass die aktivierten Hirnareale bei Imaginations- und Wahrnehmungsaufgaben ein hohes Maß an Übereinstimmung aufwiesen. Während der geruchlichen Vorstellung konnte eine Beteiligung primärer olfaktorischer Hirnareale, wie z. B. des piriformen Kortex, nachgewiesen werden. Die Beteiligung des primären Geruchszentrums unterstützte nach Annahme der Forscher im Besonderen die Annahme, dass mentale Geruchsvorstellungen vergleichbare Empfindungen zu tatsächlich wahrgenommenen Gerüchen hervorrufen.

Von mentalen Geruchsvorstellungen, die im Gegensatz zu den untersuchten Geruchsvorstellungen oben genannter Studien *unwillentlich* auftreten, wurde mehrheitlich in Fallstudien über olfaktorische Halluzinationen berichtet. Olfaktorische Halluzinationen sind ein Symptom bei einer Vielzahl neurologischer und psychiatrischer Krankheiten, wie beispielsweise bei Schizophrenie, Epilepsie, Migräne, Zwangserkrankungen oder dem Krankheitsbild der Eigengeruchshalluzinose. Obwohl den genannten Erkrankungen unterschiedliche pathologische Mechanismen zugrunde liegen, treffen auf die olfaktorischen Halluzinationen folgende charakteristische Merkmale zu:

1. Olfaktorische Halluzinationen werden von den Betroffenen typischer Weise als unangenehm und belastend empfunden und mit Begriffen wie beispielsweise „abscheulich“ (FULLER & GUILOFF 1987) oder „giftig“ (PRYSE-PHILLIPS 1975) charakterisiert.
2. In vielen Fällen werden olfaktorische Halluzinationen intensiv und lebhaft wahrgenommen. Ein gutes Beispiel dafür ist der Fallbericht über ein acht Jahre altes Mädchen, das in häuslicher Umgebung Gasgeruch im Rahmen einer Migräneaura wahrnahm. Das Haus der Familie wurde aufgrund der realistischen Wahrnehmung des Mädchens mehrmals nach einem Gasleck untersucht (CROSLEY & DHAMOON 1983).
3. In einigen Fällen haben die olfaktorischen Halluzinationen keinen Bezug zu real empfundenen Gerüchen. Diese Beobachtung gründet sich auf Geruchsbeschreibungen der Betroffenen, wie zum Beispiel „unbekannt“ (FRASNELLI ET AL 2004), „merkwürdig“ (CHEN ET AL 2003) oder „unbeschreibbar“ (FULLER & GUILOFF 1987).

Vom Auftreten olfaktorischer Halluzinationen wird jedoch nicht nur im Zusammenhang mit Krankheiten berichtet. Eine andere Studie befragte nach dem Zufallsprinzip 13.057 Personen der europäischen Bevölkerung über das Auftreten von Halluzinationen der verschiedenen Sinnesmodalitäten (OHAYON 2000). Olfaktorische Halluzinationen während der Tageszeit waren die Halluzinationen, die von den Probanden am häufigsten angegeben wurden. Knapp

ein Zehntel (8,6%) der Befragten berichtete, olfaktorische Halluzinationen seltener als einmal im Monat zu erleben; 3,5% der Bevölkerung bezifferte die Häufigkeit olfaktorischer Halluzinationen während des Tages sogar auf häufiger als einmal im Monat.

Die vorliegende Forschungsarbeit befasst sich mit dem Thema mentaler Geruchsvorstellungen auf eher ungewöhnliche Weise. Anders als die meisten Publikationen zu diesem Thema werden im Rahmen dieser Studie mentale Geruchsvorstellungen untersucht, die unwillentlich beim Träumen auftreten.

## 1.2 Geruchsträume

In der Literatur existieren einzelne anekdotische Berichte über Geruchsträume. Zum Beispiel berichtete von Skramlik im „Handbuch der Physiologie der niederen Sinne“ bereits in den Zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts: „Aus meinen eigenen Erlebnissen kann ich aber auch mitteilen, dass ich Geruchsträume gehabt habe ohne dass ein äußerer Anlass zum Auftreten einer Geruchsempfindung gegeben war. So habe ich wiederholt mit großer Lebhaftigkeit von einem Aufenthalt in einem Rosengarten geträumt. Ich habe aber auch einmal einen Geruchstraum gehabt, der wohl eine objektive Grundlage hatte, wobei aber der im Traum erlebte Geruch durchaus nicht demjenigen gleich war, der sich objektiv im Zimmer befand. Ich hatte durch Versehen eine Flasche mit Amylacetat im Schlafraum stehen lassen, die nicht genügend verschlossen war. Ich träumte dann von einer Operation, für die ich narkotisiert werden musste, und zwar wurde die Narkose mittels Chloroform vorgenommen. Ich erlebte nun den Chloroformgeruch mit einer solchen Eindringlichkeit, dass sie nicht hätte größer sein können, wenn man mir eine Flasche mit Chloroform tatsächlich unter die Nase gehalten hätte. Ich erwähne, dass ich noch niemals narkotisiert wurde. Dieser Geruchstraum besagt nun, dass man auch bei objektiver Anwesenheit eines Geruchs im Schlafraum keinen gleichartigen Geruch im Traum zu erleben braucht, denn der Geruch des Amylacetats ist von dem des Chloroforms sehr wohl und sicher zu unterscheiden.“

In der Traumforschung zeigten Studien über die Häufigkeit der einzelnen Sinnesempfindungen Sehen, Hören, Berühren und Tasten, Riechen und Schmecken während des Träumens eine Dominanz visueller und auditorischer Erlebnisberichte. Geruchs- und Geschmacksempfindungen während des Träumens waren mit 1-2% der Empfindungen die am seltensten angegebenen Traumerlebnisse (CALKINS 1893, MCCARLEY & HOFFMAN 1981, STRAUCH & MEIER 2004, ZADRA ET AL 1998) Eine Studie, die sich im Besonderen mit dem Traumerleben blinder Probanden auseinandersetzte, zeigte diesbezüglich eine interessante Ausnahme (HUROVITZ ET AL 1999). Ihr zufolge trifft die untergeordnete Rolle von Geruchs- und Geschmacksemp-

findungen in Träumen nicht auf alle Menschen gleichsam zu. Menschen, die entweder blind geboren worden waren oder ihr Sehvermögen im frühen Kindesalter verloren hatten, berichteten laut dieser Studie häufiger von Geruchs- und Tastempfindungen im Traum als Menschen mit normalem Sehvermögen. Die Autoren vermuteten, dass blinde Menschen stärker auf andere Sinnesmodalitäten als das Sehen angewiesen sind und deshalb häufiger von Geruchs- und Geschmacksempfindungen träumen.

Neben einzelnen Fallberichten über Geruchsträume liegen bislang jedoch nur zwei weitere Studien vor, die sich vorrangig mit dem Thema mentaler Geruchsvorstellungen im Traum beschäftigten (STEVENSON & CASE 2005b, ARSHAMIAN 2007). Beide Studien berichteten über interessante Eigenschaften der olfaktorischen Empfindungen im Traum und deren Verhältnis zu tatsächlich wahrgenommenen Gerüchen, willentlich hervorgerufenen Geruchsvorstellungen und dem individuellen Interesse an Gerüchen.

In der ersten Phase beider Studien beantworteten die Teilnehmer einen ausführlichen Fragebogen, der sieben Einzelfragebögen zu unterschiedlichen Themen des Riechens beinhaltete. Ein Fragebogen enthielt die Beschreibung eines Traumerlebnisses aus jeder Sinnesmodalität und eine Einschätzung in Bezug auf die Hedonik und Dauer des lebhaftesten Sinnesindrucks. Ein weiterer Fragebogen wies Fragen zu der individuellen Wichtigkeit des Riechens auf, der von Wrzesniewski und Kollegen eingeführt wurde („*Impact of Odor Scale*“; WRZESNIEWSKI ET AL 1999). Zusammenhänge zwischen Geruchsempfindungen im Traum und willentlichen Geruchsvorstellungen wurden anhand des etablierten Fragebogens zur Lebendigkeit willentlicher Geruchsvorstellungen untersucht („*The Vividness of Olfactory Imagery Questionnaire*“; GILBERT ET AL 1998). In der zweiten Phase der Studie wurden Funktionsunterschiede des Riechens zwischen einer Gruppe von Traumriechern und einer Kontrollgruppe mithilfe eines Geruchstests untersucht.

Beide Studien erzielten die gleichen Ergebnisse in den Kernpunkten ihrer experimentellen Untersuchungen. Die Anzahl der Probanden, die angaben, sich an einen Geruchstraum zu erinnern, reichte von 32% (STEVENSON & CASE 2005b) bis 38% (ARSHAMIAN 2007). Im Gegensatz zu vorherigen Studienergebnissen, die über einen Geschlechterunterschied beim Erinnern von Geruchsträumen berichteten, war das Erinnerungsvermögen für Geruchsträume bei Männern und Frauen in beiden Studien vergleichbar. Die meisten der von den Probanden aufgezählten Geruchserlebnisse im Traum handelten von Speisegerüchen oder anderen typischen Gerüchen des Alltags. Keiner der befragten Personen in beiden Studien erlebte einen bizarren Geruch im Traum. Stattdessen traten die vorgestellten Gerüche immer mit Geruchsquellen oder in Geruchsszenen auf, die vergleichbar mit realen Erlebnissen wa-

ren. In beiden Studien hatte die Gruppe der Traumriecher ein größeres Interesse am Riechen als die Kontrollgruppe. Außerdem wurde ein positiver Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Geruchsträumen und dem Leistungsvermögen in einer Identifikationsaufgabe für Gerüche gezeigt.

## 1.3 Hypothesen und Zielstellung

Die vorliegende Forschungsarbeit ist in zwei Teilstudien gegliedert. Sie setzt sich mit der Vorstellungsfähigkeit für Gerüche und im Besonderen mit Geruchsvorstellungen im Traum auseinander. Unter Berücksichtigung der Forschungsergebnisse zweier kürzlich veröffentlichter Studien (STEVENSON & CASE 2005b, ARSHAMIAN 2007) sollten die Erkenntnisse zu diesem Thema erweitert und die vorliegenden Testergebnisse überprüft werden. Außerdem wurde die Stichprobengröße in Studie 1 im Vergleich zu den bereits veröffentlichten Studien erheblich erweitert und ein größerer Anteil von Probanden höheren Alters (145 Probanden sind über 60 Jahre) miteinbezogen.

Studie 1 umfasste die Einführung und Verteilung eines neuen Fragebogens. Der Fragebogen beinhaltete im ersten Teil Fragen zu Träumen mit Geruchs- und Geschmacksinhalten. In einem zweiten Abschnitt wurden Fragen zur subjektiven Wertschätzung des Riechens gestellt. Bei der Entwicklung des Fragebogens wurde darauf Wert gelegt, dass die Befragten den Fragebogen in kürzester Zeit beantworten konnten. So konnte ein großer Rücklauf der Fragebögen gewährleistet und eine repräsentative Stichprobengröße erzielt werden.

Mithilfe des ersten Teils des Fragebogens sollte der Anteil der Befragten bestimmt werden, die sich an Geruchsempfindungen im Traum erinnerten. Die schriftlichen Ausführungen der Geruchsempfindungen wurden auf Eigenschaften untersucht, die bislang noch nicht in der Literatur beschrieben wurden. Außerdem sollten Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Geruchseindrücken im Traum und der Geruchswahrnehmung während des Wachseins eruiert werden. Dabei wurde insbesondere auf folgende Fragen eingegangen: Berichteten die Probanden von einer empfindungsnahen Geruchsvorstellung im Traum? Konnten die Probanden mit einer „mentalen Nase“ riechen, wie es Kosslyn im Falle der Geruchsvorstellung vorschlägt? Was sind typische Geruchseindrücke im Traum? Besitzen die Geruchseindrücke immer ein entsprechendes Korrelat in der Realität?

Im zweiten Abschnitt des Fragebogens wurden Fragen entwickelt, die Unterschiede in Bezug auf die individuelle Wertschätzung des Riechens aufdecken sollten. Angenommen wurde, dass Traumriecher dem Riechen generell einen deutlich höheren Stellenwert im Alltag ein-

räumen als Personen, die im ersten Abschnitt des Fragebogens verneinen, jemals einen Traum mit Geruchs- oder Geschmacksinhalt erlebt zu haben. Aufgrund dieser Annahme wurde vermutet, dass die Gruppe der Traumriecher einen signifikant höheren Gesamtwert (= Punktwert Olfaktorisches Interesse) bei der Beantwortung des Fragebogens erreichen würde als die Gruppe der Nicht-Traumriecher (= NTR).

In Studie 2 wurde die Riechleistung von Traumriechern, die mithilfe des Fragebogens auffindig gemacht worden waren, mit der von Probanden verglichen, die sich nach eigener Aussage nicht an einen Riechtraum erinnern konnten. Die Geruchsleistung der Probanden wurde anhand des standardisierten Testverfahrens der „Sniffin´ Sticks“-Testbatterie objektiviert. Neben einer Identifikationstestung und einer Schwellenbestimmung nahmen die Probanden an einem Test zur Diskriminationsfähigkeit von Gerüchen teil, der in den beiden bislang veröffentlichten Studien zum Thema Geruchsträume noch nicht verwendet worden ist. Es wurde angenommen, dass die Gruppe der Traumriecher in olfaktorischen Testungen bessere Ergebnisse erzielen würde als die Kontrollgruppe. Besonderes Interesse galt der Frage, ob die Testergebnisse der Traumriecher auf eine differenziertere kognitive Verarbeitung von Gerüchen hinweist.

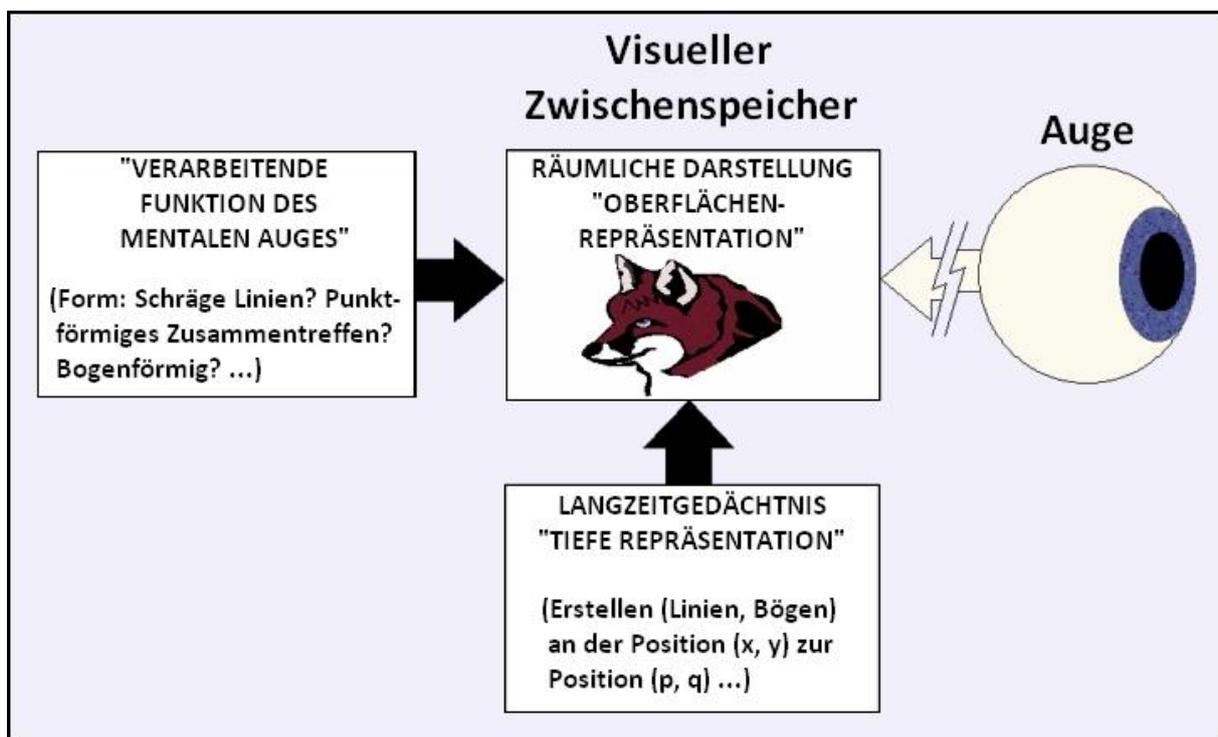
## **2 Mentale Vorstellungen**

In der kognitiven Psychologie sind mentale Vorstellungen („Imaginationen“) definiert als interne Wissensrepräsentationen, die in Abwesenheit eines externen Stimulus im Geiste entstehen (ANDERSON 2007). Empirische Forschungsergebnisse zu mentalen Vorstellungen wurden bereits zu Beginn des letzten Jahrhunderts veröffentlicht (z. B. BETTS 1909). Jedoch schwand das wissenschaftliche Interesse am Thema mentaler Vorstellungen mit dem Aufkommen des Behaviorismus in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Nach Ansicht der Behavioristen sollte sich die Psychologie ausschließlich mit dem äußeren, beobachtbaren Verhalten des Menschen und nicht mit der Analyse der diesem Verhalten zugrunde liegenden geistigen Vorgänge befassen. In diesem Sinne schrieb der angesehene Behaviorist Skinner: „Es gibt keinen Beweis für die geistige Konstruktion mentaler Bilder, oder im Geiste begehbarer Karten. Der Körper reagiert auf die Welt im Augenblick des Kontaktes; Kopien (im Sinne mentaler Vorstellungen) von der Welt zu machen wäre eine Zeitverschwendung“ (SKINNER 1977).

Mit Aufkommen der kognitiven Neuropsychologie in den 70iger Jahren des letzten Jahrhunderts erfuhr die Erforschung mentaler Vorstellungen des Menschen eine Renaissance. Nach Anderson unterscheidet sich das Gebiet der Kognitiven Psychologie vom Behaviorismus am stärksten durch die Annahme, dass interne Wissensrepräsentationen existieren, mit denen der Verstand arbeitet (ANDERSON 2007). Bis zum jetzigen Zeitpunkt währt eine kontroverse Debatte darüber fort, welche Wissensrepräsentationen dem Verstand vorliegen würden. Hauptvertreter der so genannten „Imagery-Debatte“ sind Stephan Kosslyn, Vertreter der „*Perceptual Anticipation Theory*“ und Zenon Pylyshyn, Vertreter der „*Propositionalen Theorie*“. Beide Theorien wurden ursprünglich für visuelle mentale Vorstellungen postuliert.

Pylyshyn als Hauptvertreter der „*Propositionalen Theorie*“ ist davon überzeugt, dass Menschen nicht in der Lage sind, mentale Vorstellungen im Sinne von Bildern einer visuellen Wahrnehmungserfahrung zu erzeugen. Pylyshyn geht davon aus, dass Informationen im Gehirn in Form von Propositionen (= Bedeutungseinheiten) gespeichert werden. Mentale Vorstellungen würden durch den Abruf dieser Bedeutungseinheiten (sog. „codes“) aus dem Gedächtnis entstehen. Nach seiner Theorie sind visuelle mentale Vorstellungen abstrakte Beschreibungen des ursprünglichen Sinneseindrucks. Diese Beschreibungen basieren auf denselben Symbolen, die auch in der Sprache benutzt werden (PYLYSHYN 1981).

Im Gegensatz dazu postuliert Kosslyn als Begründer der „*Perceptual Anticipation Theory*“ oder „*Quasi-Pictorial Theory*“, dass vorgestellte Informationen auf die gleiche Weise repräsentiert und verarbeitet werden wie wahrgenommene (= perzeptuelle) Informationen. Nach seiner Theorie beruhen visuelle mentale Vorstellungen auf den gleichen neuronalen Prinzipien, die auch bei visueller Wahrnehmung aktiv sind. Demnach laufen auf die Frage: „Hat ein Fuchs spitze Ohren?“ folgende Prozesse ab: Initial wird ein Gedächtnisinhalt abgerufen, der als „tiefe Repräsentation“ im Langzeitgedächtnis abgespeichert ist. Diese „tiefe Repräsentation“ wird dann in einen visuellen Zwischenspeicher („Visual Buffer“) projiziert, der sich aus den topographisch organisierten Arealen des primären visuellen Cortex (Area 17 und 18) zusammensetzt. Dort wird das mentale Bild nun aktiv als „Quasi-Bild“ rekonstruiert und wie bei der tatsächlichen Wahrnehmung verarbeitet (siehe Abbildung 2.1). Auf diese Weise wird ein geistiges Bild rekonstruiert, das innerlich betrachtet werden kann, als könne man mit einem „inneren Auge sehen“ (KOSSLYN 1980).



**Abbildung 2.1** Die „*Perceptual Anticipation Theory*“ (Abbildung übersetzt ins Deutsche aus Kosslyn 1980): Das „Quasi-Bild“ oder die „Oberflächen-Repräsentation“ („Surface Representation“) wird im visuellen Zwischenspeicher („Visual Buffer“) rekonstruiert, indem abgespeicherte Informationen aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden. Auf diese Weise kann das „Quasi-Bild“ mit einem inneren Auge betrachtet und analysiert werden.

Obwohl diese Theorie ursprünglich für die visuelle Wahrnehmung konzipiert wurde, wird in der Forschergemeinde kontrovers diskutiert, ob die „*Perceptual Anticipation Theory*“ auch auf mentale Vorstellungen der anderen Sinnesmodalitäten übertragen werden kann. Analog zu der oben beschriebenen Debatte entstand auch im Falle der Geruchsvorstellungen eine

kontroverse Diskussion darüber, ob der Mensch eine Geruchsvorstellung hervorrufen kann, die mit der Wahrnehmungserfahrung beim Riechen vergleichbar ist (RINCK ET AL 2009, STEVENSON & CASE 2005a). Von einigen Forschern wird bis heute angezweifelt, ob der Mensch den Sinneseindruck eines Geruchs erleben kann, ohne dass ein entsprechender Duftreiz anwesend ist. Beispielweise sieht Herz die mentalen Vorgänge bei der Geruchsvorstellung eher als einen semantisch vermittelten Prozess. Nach ihrer Einschätzung sind mentale Geruchsvorstellungen keine wahrnehmungsbasierten Sinnesempfindungen sondern vielmehr verbale Beschreibungen des ursprünglichen Sinneseindrucks.

Die Existenz einer mentalen Geruchsvorstellung im Sinne der Geruchsempfindung wird durch unterschiedliche Studientypen bekräftigt. In den folgenden Kapiteln werden wichtige Veröffentlichungen der verschiedenen Studientypen vorgestellt.

## 2.1 Willentlich hervorgerufene Geruchsvorstellungen

Bereits zu Beginn des letzten Jahrhunderts veröffentlichte Betts Forschungsergebnisse über die individuellen Unterschiede in Bezug auf die Lebendigkeit und Häufigkeit mentaler Vorstellungen (BETTS 1909). Grundlage der Untersuchungen war die Entwicklung eines Fragebogens, dessen modifizierte Version weiterhin in der experimentellen Forschung verwendet wird („*The Betts Questionnaire upon mental imagery*“ = QMI). Der Fragebogen beinhaltete Fragen zu Vorstellungen der einzelnen Sinneswahrnehmungen, die in Bezug auf Deutlichkeit und Lebendigkeit seitens der Probanden eingestuft werden sollten. Als Antwortmöglichkeiten standen den Probanden eine Schätzskaala von „Vollkommen deutlich und lebendig wie die ursprüngliche Empfindung“ bis „keine mentale Vorstellung möglich, man wisse nur, dass man über das Objekt nachdenkt“ zur Verfügung. Im Falle der Fragen zu geruchlichen Vorstellungen waren jeweils 20 Begriffe ausgewählt worden, die eine starke Assoziation zu geruchlichen Wahrnehmungen hatten. Zu den geruchlichen Begriffen zählten u. a. „Zwiebeln“ und „Rosen“. Die Probanden bewerteten die mentalen Geruchs- und Geschmacksvorstellungen im Vergleich zu den anderen Vorstellungen am wenigsten lebendig. Zwei weitere Studien, in denen überarbeitete Fassungen des QMI verwendet wurden, bestätigten diese Beobachtung (SHEEHAN 1967, ASHTON & WHITE 1980).

In den 40iger Jahren veröffentlichte Brower eine Reihe von Experimenten zum Thema mentaler Vorstellungen. In einem ersten Experiment mussten Psychologiestudenten die Intensität mentaler Vorstellungen anhand von jeweils drei vorgelesenen Beispielen mithilfe einer vierstufigen Schätzskaala bewerten (BROWER 1947a). Auch im Rahmen dieses Experiments stufte die Probanden mentale Geruchs- und Geschmacksvorstellungen am wenigsten lebendig ein. In einem Folgeexperiment sollten die Probanden mentale Vorstellungen über das Aussehen, das Geräusch und den Geruch „gebratener Zwiebeln“ entwickeln (BROWER 1947b). Dabei zeigte sich, dass über die Hälfte der Probanden nicht in der Lage war, sich den Geruch gebratener Zwiebeln (57%) vorzustellen. Im Gegensatz dazu konnte nur eine kleine Minderheit (3%) keine visuelle Vorstellung der gebratenen Zwiebeln mental hervorrufen. Lindauer wiederholte dieses Experiment Ende der 60iger Jahre und berichtete, dass sich ein Drittel der Probanden (30%) den Geruch gebratener Zwiebeln nicht hatte vorstellen können. Alle Probanden hatten eine visuelle Vorstellung der Szenerie hervorrufen können (LINDAUER 1969).

Marks und Kollegen führten 1973 einen Fragebogen ein, der individuelle Unterschiede in der Lebendigkeit visueller Vorstellungen ermittelt („*The vividness of visual imagery*

*questionnaire*“ = VVIQ; MARKS 1973). Auch dieser Fragebogen wird weiterhin häufig als methodisches Messinstrument in der experimentellen Forschung zu mentalen Vorstellungen verwendet. Die Befragten werden in den Fragen des VVIQ aufgefordert, sich detailliert beschriebene Situationen bildlich vorzustellen. Zu den mentalen Bildern, die vorgestellt werden sollen, zählen u. a. Objekte, Räumlichkeiten oder Personen. Mithilfe einer Schätzsкала sollen die mentalen Bildvorstellungen in Bezug auf ihre Lebendigkeit eingestuft werden.

Auf Grundlage dieses Fragebogens entwickelten Gilbert und Kollegen Ende der 90iger Jahre einen Fragebogen, der die individuellen Fähigkeiten für geruchliche Vorstellungen ermittelt („*The Vividness of Olfactory Imagery Questionnaire*“ = VOIQ; GILBERT ET AL 1998). Die Fragen des VOIQ beschreiben vier Situationen mit jeweils vier Geruchsquellen, die sich die Befragten mental vorstellen sollen. Z. B. sollen sich die Befragten einen Bekannten vorstellen, der Tabak raucht. Die Gerüche, die in diesem Zusammenhang beschrieben werden, sollen in der Folge geruchlich vorgestellt werden. Dazu zählen u. a. „der Geruch frischen Tabaks, der noch nicht angezündet wurde“ oder „eine dichte Zigarettenwolke, die den Raum ausfüllt“. Der Fragebogen erfordert dann – entsprechend dem Antwortschema des VVIQ – die Einstufung auf einer fünfstufigen Schätzsкала in Bezug auf Deutlichkeit und Lebhaftigkeit der Geruchsvorstellung. Mithilfe des Fragebogens verglichen Gilbert und Kollegen die Fähigkeit der willentlichen Geruchsvorstellung zwischen Geruchsexperten und Laien. Im Gegensatz zu der Beobachtung oben beschriebener Studien konnte kein nennenswerter Unterschied der Lebhaftigkeit zwischen geruchlichen und bildhaften Vorstellungen festgestellt werden. Interessanter Weise beurteilten die Geruchsexperten die Geruchsvorstellungen lebhafter als die Kontrollgruppe. Diese Beobachtung legt die Vermutung nahe, dass Menschen, die sich intensiv mit Gerüchen auseinandersetzen, lebhaftere Geruchsvorstellungen hervorrufen können.

Nach den Forschungsergebnissen oben genannter Studien können viele Menschen mentale Geruchsvorstellungen hervorrufen. In den meisten Studien wurden die Geruchsvorstellungen weniger lebhaft als mentale Vorstellungen anderer Sinnesmodalitäten eingeschätzt. Die Befragten unterschieden sich deutlich in der berichteten Lebhaftigkeit der Geruchsvorstellungen; einige Menschen scheinen sogar überhaupt nicht in der Lage zu sein, mentale Geruchsvorstellungen hervorzurufen.

## 2.2 „Performance-Imagery“

In diesem Abschnitt werden Studien vorgestellt, die Verhaltensänderungen von Probanden untersuchten, die aufgefordert werden, sich einen Geruch mental vorzustellen. Typischer Weise müssen sich die Probanden während der mentalen Vorstellung einer experimentellen Aufgabe unterziehen. Stellt sich eine messbare Verhaltensänderung ein, kann sie mit der Verhaltensreaktion beim Riechen des entsprechenden realen Duftstoffes verglichen werden. Folgende Hypothese liegt diesem Studiendesign zu Grunde: Tritt eine Verhaltensänderung auf, die vergleichbar mit der Verhaltensreaktion beim tatsächlichen Riechen des Duftstoffes ist, wären hierfür ähnliche kognitive Mechanismen verantwortlich. Die mentale Vorstellung des Geruchs hätte wahrscheinlich viele Eigenschaften der ursprünglichen Wahrnehmungserfahrung gemeinsam. Im Gegensatz dazu würde ein alternatives Verhaltensmuster eher für eine Empfindung sprechen, die nicht die realen Eigenschaften des Duftstoffes repräsentiert.

Lyman und McDaniel untersuchten in einem Experiment, ob mentale Geruchsvorstellungen das Wiedererkennen eines Duftstoffes fördern könnte (LYMAN & MCDANIEL 1990). In der ersten Phase des Experiments sollte die eine Hälfte der Probanden eine Liste von 20 Wörtern, die für bekannte Speisegerüche oder Haushaltsgerüche standen, geruchlich vorstellen. Die andere Hälfte der Probanden sollte die gleichen Begriffe bildlich vorstellen. Beide Gruppen schätzten die Lebendigkeit der mentalen Vorstellungen ein. In der zweiten Phase des Experiments wurden die Probanden zwei Versuchsbedingungen zugeteilt. Die eine Versuchsbedingung beinhaltete eine Geruchserkennungsaufgabe, in der 40 Duftstoffe dargeboten wurden, von denen 20 zuvor auf der Liste gestanden hatten. In der zweiten Versuchsbedingung wurden den Probanden 40 Bilder gezeigt, von denen 20 zuvor auf der Liste gestanden hatten. Die Probanden mussten sich entscheiden, welche Gerüche neu und welche von der Liste bekannt waren.

Folgende Ergebnisse wurden berichtet: Gerüche konnten insgesamt schwieriger als Bilder erinnert werden und sie wurden im Vergleich zu bildlichen Vorstellungen als weniger deutlich seitens der Probanden beurteilt. Interessanter Weise konnte eine bessere Wiedererkennung der Duftstoffe erzielt werden, wenn diese in der ersten Phase des Experimentes geruchlich vorgestellt wurden. Im Gegensatz dazu führte eine bildliche Vorstellung der Geruchsquelle nicht zu einer verbesserten Leistung in der experimentellen Aufgabe zur Geruchserkennung. Bei der Wiedererkennung von Bildern war ausschließlich die zuvor bildhafte Vorstellung hilfreich, nicht jedoch die Geruchsvorstellung. Darüber hinaus konnte eine modalitätsspezifische Korrelation zwischen der Stärke der Imagination, wie sie subjektiv von den Probanden beur-

teilt wurde, und der Erkennungsfähigkeit festgestellt werden. Die Forscher interpretierten diese Ergebnisse dahingehend, dass Gerüche in einem individuellen olfaktorischen Vorstellungssystem gespeichert werden. Die abgespeicherten Gedächtnisinformationen würden die wahrgenommenen Eigenschaften des Duftstoffes reflektieren und könnten auf diese Weise den Abruf eines sensorisch abgespeicherten Gedächtnisinhaltes erleichtern. Angezweifelt wurde diese Interpretation der Ergebnisse von Herz und Engen (HERZ & ENGEN 1996). Die Forscher beurteilten kritisch, dass im direkten Vergleich der Trefferquoten zwischen den modalitätsspezifischen Versuchsanordnungen kein signifikanter Unterschied nachgewiesen wurde, sondern nur durch Unterschiede in den Fehlerraten. Herz und Engen schlugen vor, dass vielmehr begriffliche Gedächtnisinhalte des Geruches durch die Anweisung der Geruchsvorstellung aktiviert worden seien. Auf diese Weise sei der Abruf eines „semantischen Gedächtnisinhaltes“ gefördert worden, der nicht vergleichbar mit der realen Geruchsempfindung sei.

Eine andere Studie, deren Ergebnisse die Theorie einer empfindungsnahen Geruchsvorstellung unterstützt, wurde von Djordjevic und Kollegen vorgelegt (DJORDJEVIC ET AL 2004a). Grundlegende Annahme dieser Forschungsarbeit war die Beobachtung vorangegangener Studien, nach der bestimmte Gerüche die Intensität spezifischer Geschmackswahrnehmungen erhöhen. Beispielsweise verstärken fruchtige Gerüche wie Erdbeere, Vanille oder Karamell einen süßen Geschmackseindruck, während Schinkengeruch diesen Effekt nicht bewirkt. Die Studie beinhaltete zwei Versuchsbedingungen. In der einen Versuchsbedingung sollte der Duftstoff mental vorgestellt werden, bevor eine Aufgabe zur Geschmackserkennung einer Saccharoselösung gestellt wurde; in der zweiten Versuchsbedingung wurde der entsprechende Duftstoff vor der gleichen Aufgabe tatsächlich dargeboten. Die Saccharoselösung wurde den Probanden in der Konzentration der individuellen Reizschwelle präsentiert, die zuvor festgestellt worden war. Die Geruchsvorstellung Erdbeere als auch der tatsächlich wahrgenommene Erdbeergeruch hatten keinen Effekt auf die Treffsicherheit beider Versuchsgruppen. Im Gegensatz dazu hatte die Geruchsvorstellung Schinken als auch der tatsächlich wahrgenommene Schinkengeruch einen negativen Effekt auf die Treffsicherheit. In einem Folgeexperiment wurde diese Versuchsanordnung auf ein Versuchdesign übertragen, in dem die gleiche Versuchsgruppe für beide Bedingungen (Geruchsvorstellung versus Geruchswahrnehmung) verglichen wurde. Auch in diesem Experiment konnten die Ergebnisse der vorangegangenen Studie bestätigt werden. Die Ergebnisse beider Studien waren insofern überraschend, als dass weder ein positiver Effekt für die Vorstellung des Erdbeergeruchs noch für dessen reale Wahrnehmung gezeigt werden konnte. Djordjevic und Kollegen hoben jedoch hervor, dass dieses Resultat für beide Versuchsbedingungen – reale Wahrnehmung sowie mentale Vorstellung – gleichermaßen zutraf. Die Forscher folgerten,

dass imaginäre und wahrgenommene Gerüche die Geschmackswahrnehmung auf gleiche Weise beeinflussen würden.

An dieser Schlussfolgerung ließe sich jedoch folgendes kritisieren: Durch das Versuchsdesign lässt sich nicht ausschließen, dass sich die Probanden den Erdbeergeruch bildlich vorgestellt haben. Um diesen methodischen Einwand zu berücksichtigen, veröffentlichten Djordjevic und Kollegen im gleichen Jahr eine weitere Studie mit einem besser ausgefeilten Versuchsdesign (DJORDJEVIC ET AL 2004b). Zweiundsiebzig Probanden wurden nach dem Zufallsprinzip drei verschiedenen Versuchsanordnungen zugeteilt. Alle drei Gruppen mussten sich im Hauptteil der Studie einem Geruchstest unterziehen. Die Bedingungen während der Geruchstestung zeigten folgende Variation: Eine Gruppe sollte im Rahmen der Geruchstestung eine Geruchsvorstellung hervorrufen, die zweite Gruppe eine bildhafte Vorstellung und die dritte Gruppe erhielt keine Vorstellungsaufforderung. Im Rahmen der Geruchstestung wurden den Probanden jeweils ein geruchstragender Stimulus (Rosen- oder Zitronengeruch) und ein geruchsfreier Stimulus präsentiert. Die Probanden mussten nun entscheiden, welcher der beiden dargebotenen Stimuli stärker gerochen hat. Die Duftstoffe waren jeweils auf die Konzentration der individuellen Reizschwelle des Probanden abgestimmt. In jeweils 50 Versuchen stimmte die mentale Vorstellung mit dem Duftstoff überein (übereinstimmende Bedingung); in 50 Versuchen war dies nicht der Fall (unpassende Bedingung).

Die Forscher konnten nachweisen, dass eine der Versuchsbedingungen eine signifikante Auswirkung auf die Treffsicherheit im Geruchstest hatte. Demnach bestand eine verminderte Treffsicherheit im Vergleich der anderen Versuchsbedingungen, wenn Geruchsvorstellung und reeller Geruch nicht übereinstimmten (unpassende Bedingung). Die Forscher vertraten die Auffassung, dass dieser Effekt (besser: Störeffekt) durch Interaktion zwischen geruchlicher Vorstellung und reeller Wahrnehmung resultierte. Im Einklang dieser Interpretation stünde auch, dass die visuelle Imagination keinen Effekt auf die Leistung in der Geruchstestung hatte. Die Forscher folgerten, dass eine visuelle Imagination diesen Effekt nicht habe, da sie sich deutlich von einer geruchlichen Vorstellung unterscheidet. Diese Beobachtung unterstütze nach Einschätzung der Forscher die Theorie einer eigenständigen, empfindungsnahen Geruchsvorstellung.

Eine andere Möglichkeit, die Ähnlichkeiten zwischen einem wahrgenommenen Geruch und dessen mentaler Vorstellung zu demonstrieren, verfolgten Bensafi und Kollegen (BENSAFI ET AL 2003). Sie beriefen sich auf Erkenntnisse aus der Erforschung mentaler Vorstellungen anderer Sinnesmodalitäten, nach der mentale Vorstellungen eine psychomotorische Komponente der Sinneswahrnehmung beinhalten. Beispielsweise konnte experimentell gezeigt

werden, dass im Falle visueller Vorstellungen Augenfolgebewegungen vergleichbar mit dem Betrachten eines realen Objektes auftreten (LAENG & TEODORESCU 2002). Ziel der Studie war es, entsprechende Mechanismen bei mentalen Geruchsvorstellungen nachzuweisen. Die reale Empfindung eines Geruches beinhaltet die Integration einer sensorischen Komponente (Riechen) mit einer motorischen Komponente (Schnüffeln). Im Rahmen der Studie wurde die nasale Inhalation während der Geruchsvorstellung im Vergleich zu visuellen und auditorischen Vorstellungen untersucht (siehe Abbildung 2.2). Dabei konnten signifikant höhere Werte der Flussrate der Atmung bei Geruchsvorstellungen im Vergleich zu akustischen und visuellen Vorstellungen festgestellt werden. Demnach „schnüffelten“ die Probanden beim Vorstellen eines Geruches, nicht aber bei einer visuellen oder akustischen Vorstellung. Darüber hinaus konnten die Forscher nachweisen, dass – vergleichbar einer realen Geruchswahrnehmung – die Vorstellung angenehmer Gerüche in einem größeren Atemzug resultierte als die Vorstellung unangenehmer Gerüche.



**Abbildung 2.2 Versuchsaufbau in der Studie von Bensafi et al. 2003, Abbildung aus Kosslyn 2003:** Bensafi et al. maßen das Inhalations-Volumen beim „Schnüffeln“. Sie konnten nachweisen, dass die Probanden schnüffelten, wenn sie sich einen Geruch mental vorstellten. Das Volumen variierte je nachdem, ob sich die Probanden einen angenehmen oder unangenehmen Geruch vorstellten.

In einem weiteren Experiment untersuchte dieselbe Forschergruppe Unterschiede der Atemmuster während der Geruchsvorstellung im Bezug auf die Lebhaftigkeit der Geruchsvorstellung (BENSAFI ET AL 2005). Sie fanden heraus, dass Probanden mit lebhafter Geruchsvorstellung bei der Vorstellung angenehmer Gerüche einen signifikant größeren Atemzug nahmen als bei unangenehmen Geruchsvorstellungen. Im Gegensatz dazu fand sich diese Variation bei Probanden, die ihre Vorstellungsfähigkeit für Gerüche subjektiv schlecht einstufen, nicht.

Außerdem führte die Blockierung des Schnüffeln nur bei den Probanden mit einer lebendigen Vorstellungskraft für Gerüche zu einer Behinderung angenehmer Geruchsvorstellungen. Die Forscher nahmen an, dass das Schnüffeln die treibende Kraft für die Aktivierung neuronaler Netzwerke sei, die bei der Geruchswahrnehmung und dessen mentaler Vorstellung von Bedeutung sind. Eine Verhinderung des Schnüffeln könnte die Aktivierung dieser Netzwerke abschwächen und das Hervorrufen einer mentalen Geruchsempfindung behindern. Spätere Experimente von anderen Forschergruppen bestätigten die Ergebnisse von Bensafi und Kollegen (KLEEMANN ET AL 2009, ARSHAMIAN ET AL 2008).

Die Ergebnisse der in diesem Kapitel vorgestellten Studien legen die Existenz modalitätsspezifischer Geruchsvorstellungen nahe. Im Falle der mentalen Geruchsvorstellung traten Verhaltensänderungen auf, die vergleichbar mit den Reaktionen bei der tatsächlichen Geruchswahrnehmung waren. Die Forscher folgerten aufgrund dieser Beobachtung, dass Geruchsvorstellung und Geruchswahrnehmung ähnliche Empfindungen hervorrufen würden. Gegner einer wahrnehmungsbasierten Geruchsvorstellung kritisierten, dass auch eine andere Form der Geruchsvorstellung (verbal oder visuell) die gleiche Verhaltensänderung bewirken könnte.

## 2.3 Neuroimaging-Studien

Das Neuroimaging dient der Hirnforschung als Instrument bei der Erforschung der strukturellen und funktionellen Organisation des Gehirns. Typische Verfahren des Neuroimaging sind unter anderem die funktionelle Magnetresonanztomografie (fMRT) und Positronen-Emissionstomografie (PET). Prinzip dieser bildgebenden Verfahren ist, dass sich die gemessene Signalstärke in Abhängigkeit von der Aktivität der Hirnareale verändert. Sie haben den Vorteil, relativ genau in Bezug auf die Lokalisation der Nervenaktivität zu sein. Ein Nachteil dieser Verfahren ist, dass die Messung des zeitlichen Verlaufes relativ ungenau ist (ANDERSON 2007). Weder PET noch fMRT messen neuronale Aktivität auf direktem Wege. Sie erfassen entweder Zustände des Stoffwechsels oder des Blutflusses im Gehirn. Dabei wird davon ausgegangen, dass Gehirnareale mit stärkerer neuronaler Aktivität einen größeren Stoffwechselumsatz benötigen. Die aktiven Hirnregionen können auf diese Weise bildlich sichtbar gemacht werden.

Eine der ersten Studien, die zum Thema mentale Geruchsvorstellung die Methode des Neuroimaging nutzte, wurde von Levy veröffentlicht (LEVY ET AL 1999). In dieser Studie wurden 21 gesunde Probanden und drei Patienten mit Anosmie mit dem fMRT untersucht. Zwei der Anosmiker hatten Einschränkungen des Geruchssinns aufgrund einer allergischen Rhinitis, ein Patient aufgrund einer schweren, nicht näher bezeichneten Hirnverletzung. Die Anosmiker hatten die Einschränkungen des Geruchssinns demnach erst im Verlauf ihres Lebens erworben. Die Probanden wurden in der ersten Testphase aufgefordert, sich Bananengeruch und Pfefferminzgeruch mental vorzustellen. Im Anschluss wurden den Probanden die entsprechenden realen Duftstoffe präsentiert und sie wurden gebeten, diesen Geruch so lange zu riechen, bis man sie bittet damit aufzuhören. Während der Imaginationsaufgabe und der experimentellen Darbietung des Geruches erfolgte das Scannen mit dem fMRT. Bei den gesunden Probanden zeigte die funktionelle Abbildung des Gehirns eine deutliche Übereinstimmung der aktivierten Hirnareale während der Geruchsvorstellung und der tatsächlichen Wahrnehmung des Geruchs. Dabei führte die tatsächliche Wahrnehmung im Vergleich zu der Geruchsvorstellung zu einer stärkeren Aktivierung. Bei Frauen fand sich im Vergleich zu Männern eine signifikant höhere Aktivität der Gehirnareale während der Vorstellungsaufgabe in Relation zu der gemessenen Aktivität während der realen Wahrnehmung. Bei den anosmischen Patienten war das Aktivitätsmuster – wie zu erwarten war – entgegengesetzt: Sie zeigten eine erhöhte Aktivierung der betreffenden Hirnareale während der Imagination im Vergleich zur realen Wahrnehmung. Nachdem bei den Patienten eine erfolgreiche Erholung des Geruchssinns durch nicht näher bezeichnete Testverfahren objektiviert

werden konnte, wurde erneut ein fMRT-Scan gemacht. Der Versuchsablauf (zu Beginn Imaginationsaufforderung, dann Geruchswahrnehmung) wurde beibehalten. Die Aktivitätsmuster zeigten jetzt die gleichen Ergebnisse wie bei den gesunden Probanden.

Drei Jahre später veröffentlichte die gleiche Forschergruppe eine weitere Studie, die kongenitale Anosmiker mit einer Kontrollgruppe in Bezug auf olfaktorische Wahrnehmung und mentale Vorstellung verglich. Die Kontrollgruppe setzte sich aus gesunden Probanden und hyposmischen Patienten, die eine Verminderung der Geruchsfunktion erworben hatten, zusammen (HENKIN & LEVY 2002). Die Methodik der oben beschriebenen Testphase wurde für diese Folgestudie übernommen. Die Ergebnisse waren zum Teil überraschend. Kongenitale Anosmiker zeigten eine ähnliche Aktivierung des primären olfaktorischen Kortex (anteriores Frontalhirn und Temporalhirn) wie gesunde Probanden während des tatsächlichen Riechens. Nicht nachweisbar war eine Aktivierung sekundärer Hirnareale. Die Forscher erklärten diese Beobachtung wie folgt: Die häufigste Ursache der kongenitalen Anosmie sei nicht auf eine morphologische Fehlbildung des Gehirns, sondern auf metabolische oder biochemische Abnormalität zurückzuführen. Der Grundaufbau des Gehirns sei mit dem gesunder Menschen vergleichbar. Demnach wären primitive olfaktorische Bahnen auch bei kongenitalen Anosmikern entwickelt, die das olfaktorische Epithelium mit dem Cortex verbinden. Sekundäre Hirnareale würden sich in der Entwicklungsphase aufgrund einer mangelnden afferenten Stimulierung jedoch nicht ausbilden und sein deshalb nicht nachweisbar.

Eine weitere Beobachtung verblüffte die Forscher. Während der Imaginationsaufgabe der Gerüche konnte auch bei den kongenitalen Anosmikern eine Aktivität in genau den Hirnarealen festgestellt werden, die mit den Arealen gesunder Probanden korrelierten. Allerdings war die gemessene Hirnaktivität deutlich geringer. Die Forscher argumentierten, dass diese Aktivität auf Grundlage neuronaler Plastizität erklärbar sei. Demnach hätten die aktivierten Areale neue Funktionen bei dem Abrufen bestimmter Gedächtnisinhalte übernommen. Der Nachweis der Aktivität sei aus diesem Grund nicht als Widerspruch zu der Theorie empfindungsnaher Geruchsvorstellungen zu werten. Vielmehr würde die deutliche Verminderung der Stoffwechselaktivität dieser Hirnareale dafür sprechen, dass sich kongenitale Anosmiker keine Gerüche vorstellen könnten.

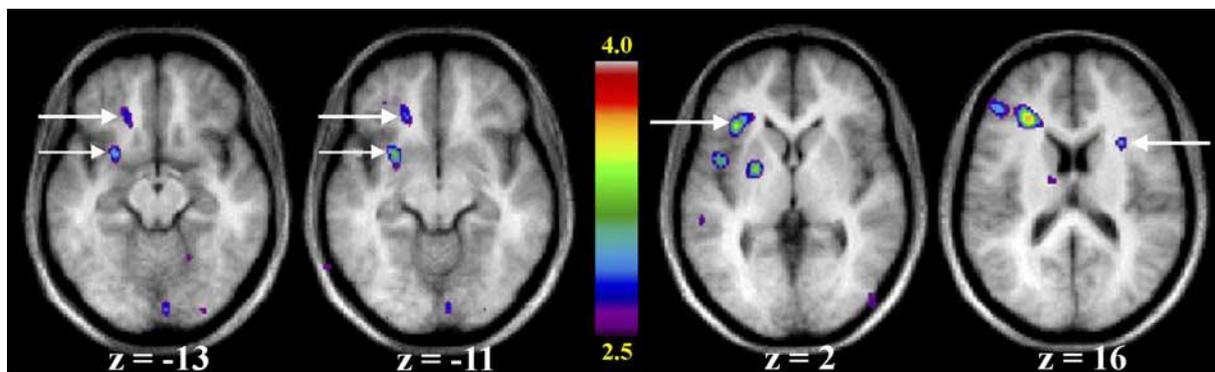
Eine vom Studiendesign weiter ausgereifte Neuroimaging-Studie wurde von Djordjevic und Kollegen vorgelegt (DJORDJEVIC ET AL 2005). Anders als in den früheren Neuroimaging-Studien zu diesem Thema wurde in dieser Studie das „Schnüffeln“ als möglicher Einflussfaktor bei der Auswertung berücksichtigt. Es ist bekannt, dass alleiniges Schnüffeln bereits olfaktorische Hirnareale aktivieren kann (SOBEL ET AL 1998) Aus diesem Grund wurden die

Probanden aufgefordert, während der Versuchsbedingungen immer gleichmäßig zu atmen. Die Atmungsparameter wurden während der experimentellen Bedingungen gemessen. Sie zeigten keinen Unterschied zwischen den Versuchsbedingungen. Messbare Aktivitätsunterschiede bei Geruchsvorstellung bzw. Geruchswahrnehmung aus diesem Grund nicht allein auf das „Schnüffeln“ zurückzuführen.

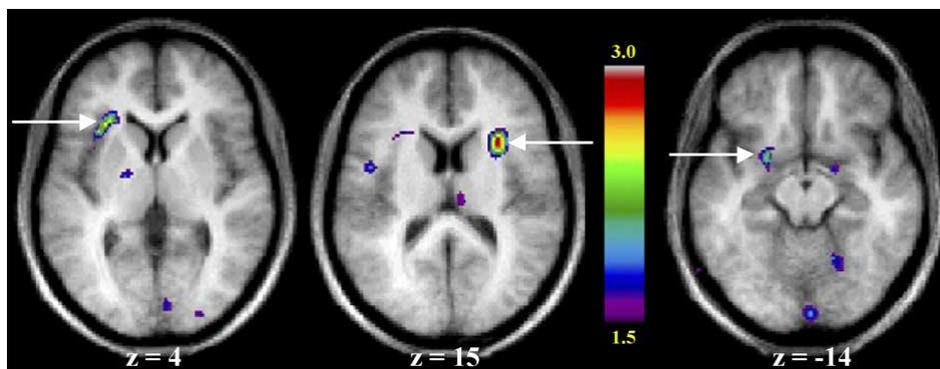
Die Studie setzte sich aus einer Auswahlphase der Probanden und der eigentlichen Testphase mit PET-Scans zusammen. Im Rahmen der Auswahlphase wurden Probanden ausgewählt, bei denen eine lebhafte Geruchsvorstellung angenommen wurde. Die Probanden mussten an einem Geruchstest teilnehmen, in dem bei jeder Aufgabe einer von zwei Geruchsstoffen und ein geruchsfreier Stimulus („blank“) präsentiert wurde. Kurz vor der Präsentation der Stimuli wurden die Probanden aufgefordert, sich einen der beiden Gerüche mental vorzustellen. Der Proband musste nun entscheiden, welcher der beiden dargebotenen Stimuli den Geruchstoff getragen hatte. Die geruchstragenden Stimuli waren auf die Konzentration der individuellen Reizschwelle des Probanden abgestimmt. Die beiden Hauptbedingungen des Geruchstest waren eine passende Bedingung, in der Geruchsvorstellung und geruchstragender Stimulus übereinstimmten und eine unpassende Bedingung, in der Geruchsvorstellung und geruchstragender Stimulus nicht übereinstimmten. Der Unterschied zwischen der Treffsicherheit zwischen den passenden und unpassenden Bedingungen wurde als Maß für die Lebhaftigkeit der Geruchsvorstellung angenommen. Probanden, bei denen auf diese Weise eine lebhafte Geruchsvorstellung nachgewiesen wurde, nahmen an der eigentlichen Testphase teil.

Die eigentliche Testphase mit PET-Scans verglich den Zustand der Geruchsimagination mit der realen Geruchswahrnehmung. Dabei ähnelte sich das experimentelle Versuchsdesign der oben beschriebenen Auswahlphase. Der erste Teil bestand aus einer olfaktorischen Imaginationsphase und einer darauf folgenden Wahrnehmungsphase. Die Wahrnehmungsphase beinhaltete zu gleichen Anteilen entweder die Präsentation des entsprechenden Duftstoffes (übereinstimmende Bedingung), eines anderen Duftstoffes (unpassende Bedingung) oder einen leeren Duftstoffes (leere Bedingung). Abschließend schätzte der Proband individuell ein, ob der mentale Geruch dem detektierten realen Geruch entsprach oder nicht. Vor der Bildabtastung erhielten die Probanden keine Information darüber, ob der imaginäre Duftstoff der Wahrnehmungsphase mit dem realen Duftstoff übereinstimmen würde oder nicht. Der zweite Teil diente als Kontrollbedingung und beinhaltete eine Wahrnehmungseinheit ohne mentale Geruchsvorstellung.

Insgesamt konnte eine große Übereinstimmung zwischen den beteiligten Hirnregionen während der Imaginationsaufgabe und der realen Wahrnehmung festgestellt werden. Dazu zählten Areale des linken primären Riechzentrums, wie beispielsweise Areale des linken piriformen Kortex. Ein hohes Maß an Aktivitäts-Übereinstimmung konnte außerdem in sekundären olfaktorischen Hirnarealen wie beispielsweise in zwei Regionen des rechten orbitofrontalen Kortex gezeigt werden und in der vorderen Inselregion bilateral. Die Hirnareale zeigten jedoch auch Aktivitätsunterschiede im Vergleich Wahrnehmung – Imagination. Zum Beispiel zeigte sich während der Imagination eine Aktivierung nur in den frontalen Anteilen des primären olfaktorischen Kortex, nicht in dessen mediotemporalen Anteilen. Und in Betrachtung sekundärer Hirnareale imponierte eine Dominanz des linken orbitofrontalen Kortex in der Imaginationsphase im Vergleich zur Wahrnehmungsphase (siehe Abbildung 2.3 und 2.4).



**Abbildung 2.3 fMRT-Scan in der Studie von Djordjevic et al. 2005:** Gezeigt wird eine Zunahme des regionalen cerebralen Blutflusses in olfaktorischen Regionen bei der Geruchsvorstellung (berechnet durch Subtraktionsberechnung Geruchsvorstellung minus Geruchswahrnehmung). Die hier gezeigten Daten wurden von allen Teilnehmern gemittelt. Die t-Statistik wird durch die Farben-Skala repräsentiert. Die dargestellten Areale des primären Riechzentrums beinhalten Areale des linken piriformen Kortex und linken sekundären Kortex (posteriorer orbitofrontaler Gyrus). Sie sind durch horizontale Pfeile bei  $z = -13$  und  $z = -11$  markiert. Der Pfeil bei  $z = 2$  zeigt Aktivitätsareale der vorderen Inselregion links; Der Pfeil bei  $z = 16$  zeigt Aktivitätsareale der vorderen Inselregion rechts.



**Abbildung 2.4 fMRT-Scan in der Studie von Djordjevic et al. 2005:** Gezeigt werden Regionen gemeinsamer Aktivität in zwei Subtraktionsberechnungen: Geruchsvorstellung minus Geruchswahrnehmung und Geruchswahrnehmung minus Grundlinie, berechnet durch die Konjunktionsanalyse. Markiert sind die Zunahmen des regionalen cerebralen Blutflusses in der linken

und rechten rostralen Inselregion mit den Pfeilen  $z = 4$  und  $z = 15$ ; der Pfeil  $z = -14$  markiert den linken primären olfaktorischen Kortex mit dem piriformen Kortex.

Eine weitere Beobachtung unterstützte die Theorie, nach der sich Menschen in ihrer Vorstellungskraft für Gerüche unterscheiden. Die Forscher untersuchten Änderungen des cerebralen Blutflusses in Abhängigkeit eines „Imaginations-Effizienzindex“, der als Maß für die Lebendigkeit der Geruchsimagination gewertet wurde. Dieser Effizienzindex berechnete sich aus dem Unterschied zwischen der Treffsicherheit des Geruchstests in Abhängigkeit der experimentellen Bedingungen. Die Forscher identifizierten zwei Hirnregionen des orbitofrontalen Kortex, deren Durchblutungen sich in Abhängigkeit des Effizienzindex veränderten. Die Forscher nahmen an, dass eine starke Aktivität in diesen Hirnarealen für eine lebhafte Geruchsvorstellung sprechen würde.

In einer weiteren Neuroimaging-Studie wurden im Besonderen hedonikspezifische Atmungsmuster bei der Geruchsvorstellung berücksichtigt (BENSAFI ET AL 2007). Die gleiche Forschergruppe hatte bereits in einer früheren Studie demonstriert, dass die Vorstellung angenehmer Gerüche in einem größeren Atemzug resultierte als die Vorstellung unangenehmer Gerüche (BENSAFI ET AL 2003). Die Auswertung der fMRT-Scans dieser Studie beschränkte sich auf die Hirnregionen, die in früheren Studien bereits als olfaktorische Hirnzentren identifiziert waren. Das Versuchsdesign beinhaltete 5 Versuchsbedingungen, in denen fMRT-Scans angefertigt wurden: Zwei Wahrnehmungsphasen mit einem angenehmen Duftstoff (Erdbeere) und einem unangenehmen Duftstoff (verfaulte Eier); zwei Imaginationsphasen mit den entsprechenden Geruchsvorstellungen, sowie einer Kontrollbedingung ohne Duftstoff. Die Duftstoffe wurden den Probanden mithilfe eines Olfaktometers dargeboten. Am Ende des Testdurchlaufes mussten die Probanden die Duftstoffe mit einer Schätzsкала in Bezug auf ihre Hedonik einstufen. Sowohl während der Wahrnehmungs- und Imaginationsphase wurden die Probanden aufgefordert in einem festgelegten Zeitraum, zu schnüffeln. Es zeigte sich eine Zunahme der Atemparameter (Flussrate, Atemzugvolumen, Schnüffeldauer) sowohl bei Wahrnehmung als auch Imagination eines angenehmen Geruches. Im Falle unangenehmer Gerüche eine Abnahme. Für die Analysen der fMRT-Abbildungen wurden die Atemparameter rechnerisch konstant gehalten, um diesen etwaigen Einflussfaktor auszuschließen.

Auch in dieser Studie imponierte eine deutliche Übereinstimmung aktivierter Hirnareale bei Imagination und Wahrnehmung, vor allem in primären olfaktorischen Hirnzentren und der Inselregion. In Bezug auf die Hedonik waren sowohl bei Geruchsvorstellung als auch Geruchswahrnehmung gemeinsame Aktivitäten im frontalen Anteil des linken piriformen Kortex und in der linken Inselregion (vorderer und hinterer Anteil) nachweisbar. Dabei hatten unangenehme Gerüche und deren entsprechende Geruchsvorstellungen deutlich stärkere Aktivitätsmuster in den primären Kortexarealen ausgelöst als angenehme Gerüche. Die Forscher

erklärten diese Beobachtung damit, dass die Beurteilung der Hedonik eine Vorrangstellung der kognitiven Geruchsverarbeitung einnehme. Insbesondere unangenehme Gerüche müssten bereits in einem frühen Prozess der Reizverarbeitung erkannt werden, damit eine schnelle Entscheidung über Giftigkeit oder Schädlichkeit des Umweltreizes getroffen werden könne. Alle Bereiche des orbitofrontalen Kortex zeigten im Falle der realen Geruchswahrnehmung eine stärkere Aktivierung als bei der Geruchsimagination. Im Gegensatz dazu zeigte die Inselregion fast identische Aktivitätsmuster im Vergleich der beiden Bedingungen, mit jeweils stärkerer Aktivierung der linken Inselregion bei unangenehmen Gerüchen.

Die Ergebnisse der Neuroimaging-Studien bestärken die Annahme, dass die neuronalen Prozesse bei Geruchsvorstellung und Geruchswahrnehmung viele Gemeinsamkeiten aufweisen. Es konnte eine starke Übereinstimmung der aktivierten Hirnareale bei Geruchsvorstellung und Geruchswahrnehmung gezeigt werden. Im Falle der Geruchsvorstellung imponierte eine leichte Dominanz der linken Geruchszentren im Vergleich zur Geruchswahrnehmung. Die nachgewiesene Aktivität primärer Geruchszentren bei der Geruchsvorstellung unterstützt die Annahme einer empfindungsnahen Geruchsvorstellung, wie sie im Falle der „*Perceptual Anticipation Theory*“ von Kosslyn für die visuelle Vorstellung postuliert wurde (KOSSLYN 1980). Trotzdem kann auch der Aktivitäts-Nachweis primärer Geruchszentren nicht als endgültiger Beweis für das Vorliegen einer empfindungsgetreuen Geruchsvorstellung geltend gemacht werden. Gonzalez und Kollegen (GONZALEZ ET AL 2006) konnten z. B. nachweisen, dass das alleinige Lesen von Begriffen mit einer geruchlichen Assoziation (z. B. Anis) primäre olfaktorische Hirnzentren aktivierte. Diese Beobachtung legt die Vermutung nahe, dass bereits die Aktivität primärer Geruchszentren durch semantische Prozesse moduliert wird.

## **2.4 Olfaktorische Halluzinationen**

Die Existenz von mentalen Geruchsvorstellungen wird in der Literatur durch eine Vielzahl von Fallberichten über olfaktorischen Halluzinationen, die als qualitative Geruchsstörungen auch als Phantosmien (FRASNELLI ET AL 2004) bezeichnet werden, unterstützt. In den meisten Fallberichten stehen die olfaktorischen Halluzinationen im Zusammenhang mit neurologischen oder psychiatrischen Krankheitsbildern. Im Fall psychiatrischer Krankheitsbilder werden sie beispielsweise bei Schizophrenie, Zwangserkrankungen und dem Krankheitsbild der Eigengeruchshalluzinose beschrieben. Zu den neurologischen Erkrankungen, die teilweise von Geruchshalluzinationen begleitet werden, zählen unter anderem Epilepsie, Migräne, Parkinson oder cerebrale Gefäßanomalien.

### **2.4.1 Erkrankungen des schizophrenen Formenkreises**

Im Falle von Erkrankungen aus dem schizophrenen Formenkreis werden die olfaktorischen Halluzinationen von den meisten Patienten in hohem Maße unangenehm und belastend wahrgenommen (z. B. „giftige Dämpfe“ oder „Fäulnisgeruch“). Häufig sind die olfaktorischen Wahnvorstellungen bizarr und besitzen kein entsprechendes Korrelat in der Realität, wie beispielsweise „Geruch von Heiligkeit“ (PRYSE-PHILLIPS 1975). Obwohl die beschriebenen Geruchsempfindungen häufig eine deutliche emotionale Komponente besitzen, neigen Betroffene dazu, eher passiv auf Olfaktorischen Halluzinationen zu reagieren. Eine mögliche Begründung für das passive Verhalten könnte in der Dominanz visueller und auditiver Halluzinationen liegen, die von den Patienten im Rahmen der Psychose als bedrohlicher empfunden werden (GATTAZ & HAAS 1982).

### **2.4.2 Migräne und Epilepsie**

Olfaktorische Halluzinationen, die im Rahmen einer Aura bei Temporallappenepilepsie und Migräne auftreten, gehen typischer Weise dem eigentlichen Anfall voraus. Die genaue Anamnese über die Dauer der Geruchsaure hat dabei differentialdiagnostische Bedeutung, da die Geruchsaure bei Migräne deutlich länger (zwischen 5 min und 24 h) als bei der Epilepsie (wenige Sekunden bis Minuten) ist (FULLER & GUILOFF 1987). In der Mehrheit der Fallberichte über olfaktorische Halluzinationen bei Migräne werden die Gerüche unangenehm wahrgenommen, z. B. „der Geruch eines verwesenden Tieres“ (WOLBERG & ZIEGLER 1982) oder „abscheulicher Geruch“ (FULLER & GUILOFF 1987). Dennoch liegen auch Berichte mit neutralen Geruchsbeschreibungen vor, wie beispielsweise „Erdnussbutter“ oder „Großvaters Zigarre“ (FULLER & GUILOFF 1987). Ein gutes Beispiel dafür, dass die olfaktorischen Halluzinationen teilweise sehr lebhaft wahrgenommen werden ist der Fallbericht eines acht Jahre

altes Mädchens, das in häuslicher Umgebung Gasgeruch im Rahmen einer Migräneaura wahrnahm. Das Haus der Familie wurde aufgrund der realistischen Wahrnehmung des Mädchens mehrmals nach einem Gasleck untersucht (CROSLEY & DHAMOON 1983).

In den meisten Fallbeispielen der Literatur zu Olfaktorischen Halluzinationen bei Epilepsie werden die Geruchseindrücke ebenfalls unangenehm beschrieben, z. B. „stinkender Fischgeruch“, „Verwesungsgeruch“, „vergammeltes Öl“. Chen und Kollegen berichteten, dass die unangenehm geschilderten Geruchsempfindungen häufig mit Angstgefühlen einhergingen (CHEN ET AL 2003). Fallbeispiele mit neutralen Geruchsbeschreibungen beinhalten z. B. „Zahnpastageruch“, „Alkoholgeruch“; zu den angenehme Darstellungen der olfaktorischen Halluzinationen zählen z. B. „Blumengeruch“ (ACHARYA ET AL 1998).

### **2.4.3 Eigengeruchswahn**

Bei dem psychiatrischen Krankheitsbild Eigengeruchswahn ist das vorherrschende Symptom eine olfaktorische Halluzination, die durch die Wahnvorstellung des eigenen, unangenehmen Körpergeruchs gekennzeichnet ist. In der angloamerikanischen Literatur wurde der monosymptomatische Eigengeruchswahn erstmals als „Olfactory Reference Syndrome“ durch Pryce-Phillips in Form kasuistischer Beschreibungen eingeführt und bei ca. 26% des untersuchten Kollektivs von insgesamt 137 Patienten mit olfaktorischen Halluzinationen beschrieben (PRYCE-PHILLIPS 1971). Die Betroffenen leiden typischer Weise unter der Vorstellung, dass sie andere Menschen durch ihren eigenen schlechten Körpergeruch abstoßen. Aufgrund der realistischen Wahrnehmung des Geruchs sind die Betroffenen zutiefst beschämt (GATTAZ & HAAS 1982) und reagieren mit unangemessen häufigen Hygienemaßnahmen wie z. B. häufigem Waschen, Wäschewechseln oder Deodorant-Gebrauch und sozialem Rückzug (FRASNELLI ET AL 2004).

## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Studiendesign**

Die vorliegende Forschungsarbeit unterteilt sich in zwei Teilstudien: In Studie 1 wurde ein speziell für diese Arbeit entwickelter Fragebogen eingeführt und an über 700 Personen verteilt. Der Fragebogen beinhaltete in einem ersten Abschnitt Fragen zum generellen Traumerleben und Fragen zu Träumen mit Geruchs- und Geschmacksinhalten. In einem zweiten Abschnitt wurden Fragen zur subjektiven Wertschätzung des Riechens gestellt. Die Antworten im zweiten Abschnitt des Fragebogens wurden zu einem Gesamtwert zusammengefasst, der das individuelle Interesse für Gerüche demonstrierte (= Punktwert Olfaktorisches Interesse).

Bei der Erhebung sollte eine für die Gesamtbevölkerung möglichst repräsentative Stichprobe erfasst werden. Die Einschlusskriterien von Studie 1 beschränkten sich deshalb auf die Fähigkeit, den Fragebogen in Bezug auf das Sprachverständnis beantworten zu können.

Nach Auswertung des Fragebogens konnten 20 Versuchspersonen, die einen Traum mit Geruchsinhalt beschrieben hatten, für die Gruppe der Traumriecher in Studie 2 rekrutiert werden. Voraussetzung für die Zuordnung zu der Gruppe der Traumriecher war die schriftliche Darstellung eines Geruchtraums in der offenen Frage (Frage 5) des Fragebogens. Die Kontrollgruppe setzte sich aus 21 Personen, die im Fragebogen eine Erinnerung an einen Geruch- und/oder Geschmackstraum verneint hatten, zusammen. In Studie 2 wurde die Riechleistung zwischen Traumriechern und Nicht-Traumriechern (= NTR) anhand der drei Subtests der „Sniffin´ Sticks“ verglichen. Nachfolgend wird das methodische Vorgehen für Studie 1 und 2 getrennt dargestellt.

#### **3.1.1 Studie 1: Ablauf und Durchführung der Erhebung**

Der Fragebogen wurde zu Beginn der Studie 1 im Deutschen Hygienemuseum verteilt. Da der Geruchssinn thematisch gut zu der Dauerausstellung „Ernährung als Körperfunktion und Kulturleistung“ passt, wurde der Ausstellungsraum für die Verteilung des Fragebogens gewählt. Als Anreiz, den Fragebogen auszufüllen, wurde den Museumsbesuchern angeboten, an einem standardisierten Geruchstest mit Riechstiften (Screening Test der „Sniffin´ Sticks“) teilzunehmen. Dabei wurden die Teilnehmer kurz darüber informiert, dass der Screening-Test einer ersten, oberflächlichen Prüfung des Geruchssinns dient und im klinischen Alltag verwendet wird. Mithilfe dieses Angebots sollte das Interesse der Besucher geweckt werden,

an der Befragung teilzunehmen. Vor der Aushändigung des Fragebogens wurden die Teilnehmer kurz darüber aufgeklärt, dass der Fragebogen im Rahmen einer Studie zum Thema Riechen verteilt wird. Auf diese Weise wurde eine mögliche Beeinflussung durch die Erläuterung der Studienziele bei der Beantwortung der Fragen vermieden.

Das Hygienemuseum wurde aus zwei Gründen als Verteilungsort für die Fragebögen ausgewählt: Zum einen handelt es sich bei der Dauerausstellung um einen Ort, der über eine hohe Besucherfrequenz verfügt. Zum anderen wurde angenommen, dass sich Besucher einer solchen Ausstellung für die Thematik der Riechwahrnehmung besonders interessieren und sich daher eher auf eine Befragung und Testung im Rahmen von Studie 2 begeistern lassen würden. Anders als erwartet konnte jedoch keine der kontaktierten Personen aus dem Hygienemuseum als Proband/in für Studie 2 gewonnen werden. Dies lag vermutlich u. a. daran, dass ein Großteil der Besucher nicht aus Dresden stammte und den Anfahrtsweg nach Dresden scheute. Deshalb wurden in einem zweiten Anlauf die Fragebögen an weiteren öffentlichen Orten in Dresden und an der Technischen Universität Dresden in unterschiedlichen Fachbereichen verteilt. Grund dafür war die Annahme, dass sich Dresdner Studenten leichter für eine Testung im Labor rekrutieren lassen würden. Die Befragung erstreckte sich insgesamt über einen Zeitraum von zwei Jahren.

### **3.1.2 Studie 1: Aufbau des Fragebogens**

Der Fragebogen (siehe Anlage) beinhaltete im ersten Abschnitt Fragen zum individuellen Traumerleben mit Geruchs- und/oder Geschmackseindrücken. Für den zweiten Abschnitt wurden Fragen zur subjektiven Wertschätzung des Riechens generiert. Insgesamt setzte sich der Fragebogen aus 17 Fragen zusammen. Bei der Entwicklung des Fragebogens wurde darauf Wert gelegt, dass seine Beantwortung nicht länger als fünf bis zehn Minuten in Anspruch nimmt, damit die Befragten an Ort und Stelle den Fragebogen ausfüllen konnten. Auf diese Weise sollte ein großer Rücklauf der Fragebögen gewährleistet werden.

Auf der Vorderseite des Fragebogens standen insgesamt fünf Fragen: Die ersten vier, die eine subjektive Einschätzung zum Träumen auf einer vierstufigen Schätzskala erforderten, sollten einerseits die generelle Erinnerungsfähigkeit für Träume und im speziellen Fall die Erinnerungsfähigkeit für Träume mit Geruchsinhalt ermitteln. Bei der vierstufigen Schätzskala durfte jeweils nur eine Antwortmöglichkeit angekreuzt werden: „ja, immer“, „ja, meistens“, „ja, manchmal“ oder „nein, nie“. In der fünften Frage wurden die Teilnehmer gebeten, einen „Riech“- bzw. „Schmecktraum“ zu beschreiben. Auf der Rückseite des Fragebogens standen insgesamt zwölf Fragen, die darauf abzielten, Unterschiede in der individuellen Wertschätzung des Riechens aufzudecken. Drei Fragen thematisierten die Vorstellungskraft für Gerü-

che. So wurde z. B. eine Stellungnahme zu folgender Aussage gefordert: „Ihr Kleiderschrank hat einen typischen Geruch, den Sie sich jetzt vergegenwärtigen können“. Als Antwortmöglichkeit standen den Befragten Antworten in Form einer vierstufigen Schätzsкала zur Verfügung, „trifft immer zu“, „trifft überwiegend zu“, „trifft eher nicht zu“, „trifft überhaupt nicht zu“. Neun Fragen erfassten die individuelle Aufmerksamkeit für Gerüche in Alltagssituationen. Die Probanden wurden beispielsweise gefragt, ob sie an ihrer Wäsche riechen, bevor sie sie anziehen. Auch bei diesen neun Fragen waren jeweils vier verschiedene Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Die vierfache Unterteilung wurde ausgewählt, damit die Befragten gezwungen waren, sich zumindest tendenziell für eine Richtung (eher positive oder eher negative Valenz) zu entscheiden. Dadurch sollten Tendenzen zur Mitte vermieden werden.

Um im Nachhinein Kontakt zu den Befragten herstellen zu können, die in der offenen Frage einen Riechraum beschrieben hatten, wurden sie im ersten Fragebogen aufgefordert, ihre E-Mail-Adresse oder Telefonnummer anzugeben. So konnten die potentiellen Probanden entweder schriftlich per E-Mail oder telefonisch über den geplanten Ablauf der Studie 2 informiert werden. Hatte der Kontaktierte/die Kontaktierte Interesse, an Studie 2 teilzunehmen, wurde zeitnah ein Termin für die Testungen im Labor vereinbart. Neben den Kontaktdaten wurden die persönlichen Kenndaten Alter und Geschlecht für die Auswertung erhoben.

### **3.1.3 Studie 1: Bewertung des Fragebogens**

Sowohl die Fragetypen über die Wichtigkeit des Riechens in Alltagssituationen, als auch die Fragetypen, die eine Einschätzung der eigenen Imaginationsstärke für Gerüche erforderten, wurden einheitlich bewertet. Für die Antwortmöglichkeiten stand den Befragten eine vierstufige Schätzsкала zur Verfügung. Die angekreuzten Antworten wurden mit natürlichen Zahlen von null bis drei Punkten bewertet, wobei die Antwort mit der größten Zustimmung drei Punkte erhielt. Auf diese Weise demonstrierte der individuelle Gesamtwert mit 36 möglichen Punkten den individuellen Stellenwert des Riechens. Der Gesamtwert wurde als Punktwert Olfaktorisches Interesse bezeichnet. Aus dem Fragebogen wurde keine Frage nachträglich aus der Bewertung genommen.

### **3.1.4 Studie 2: Probandengut**

Von 696 Befragten, die in Studie 1 den Fragebogen beantwortet hatten, nahmen anschließend 41 Probanden an Studie 2 teil. Die Probanden wurden per E-Mail oder telefonisch kontaktiert und um Teilnahme in Studie 2 gebeten. Die Probanden wurden darüber informiert, dass in Studie 2 ein Geruchstest mit Riechstiften durchgeführt werden würde. Es wurden 20 Euro für die Teilnahme an Studie 2 in Aussicht gestellt.

Es wurden zwei Versuchsgruppen gebildet. Zwanzig der Probanden hatten im Fragebogen einen Geruchstraum beschrieben. Sie wurden der Gruppe der Traumriecher zugeteilt. Einnundzwanzig Probanden hatten im Fragebogen verneint, sich an einen Traum mit Geruchseindrücken zu erinnern. Sie wurden der Gruppe der NTR zugeteilt.

Beide Versuchsgruppen unterschieden sich nicht in der Geschlechter- und Alterszusammensetzung. Die Gruppe der Traumriecher setzte sich aus 18 Frauen und zwei Männern mit einem Durchschnittsalter von 27,1 Jahren (Standardabweichung = 6,9; Spannweite zwischen 21 und 53 Jahren) zusammen. In der Gruppe der NTR nahmen 18 Frauen und 3 Männer mit einem Durchschnittsalter von 25,6 Jahren teil (Standardabweichung = 2,4; Spannweite zwischen 22 und 30 Jahren).

### **3.1.5 Studie 2: Ethische Aspekte**

Die klinische Prüfung der Probanden erfolgte nach den in der Deklaration des Weltärztebundes von Helsinki verankerten *Ethischen Grundsätzen für die medizinische Forschung am Menschen* (1964, aktuelle Revision 2008 in Seoul, Südkorea). Alle Probanden nahmen freiwillig an der Studie teil und gaben hierzu ihr schriftliches Einverständnis, nachdem sie vor der Untersuchung detailliert über den Versuchsablauf aufgeklärt worden waren. Sie wurden außerdem darüber informiert, dass sie während der Testung jederzeit ohne Angabe von Gründen die Teilnahme an der Studie beenden könnten.

### **3.1.6 Studie 2: Ablauf und Durchführung der Testungen**

Eine Aufnahme in die Studie erfolgte, wenn die Probanden auf die schriftliche Anfrage per E-Mail oder die telefonische Anfrage ihr Interesse an einer Teilnahme bekundet hatten. Sowohl bei der telefonischen als auch bei der schriftlichen Anfrage wurde der Ablauf der Testungen mit den „Sniffin´ Sticks“ kurz vorgestellt. Stimmt die Probanden einer Teilnahme zu, wurden sie bei Aufnahme in die Studie darum gebeten, eine Stunde vor der Untersuchung keine Nahrung mehr zu sich zu nehmen, nicht mehr zu rauchen und bei Bedarf nur Wasser zu trinken. Außerdem sollten die Probanden auf die Verwendung starker Parfums verzichten. Auf diese Weise sollte eine Beeinträchtigung der Riechleistung aufgrund der in Nahrungsmitteln enthaltenen Duft- und Aromastoffe vermieden werden.

Die Testungen fanden in einer Sitzung im Labor des *Interdisziplinären Zentrums Riechen und Schmecken* in Dresden statt. Nach einer kurzen Vorstellung des Labors erfolgte die Testung mit den „Sniffin´ Sticks“. Insgesamt dauerte jede Testsitzung ca. eine Stunde.

### 3.1.7 Studie 2: „Sniffin´ Sticks“

Mit der „Sniffin´ Sticks“-Testbatterie wird die Funktion des Geruchssinns mithilfe von Riechstiften getestet. Angeregt wurde die Entwicklung eines Riechtests für den klinischen Gebrauch von der *Arbeitsgemeinschaft Olfaktologie und Gustologie der Deutschen Gesellschaft für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde* (Protokoll im Rahmen des Deutschen HNO-Kongresses am 16.5.1994 in Chemnitz).

Ein Geruchstest mit Riechstiften wurde erstmals vor elf Jahren in Form eines Screening-Tests vorgestellt (KOBAL ET AL 1996). Die ursprüngliche Testversion beinhaltete eine Identifikationsaufgabe zu sieben Duftstoffen. Die weiterentwickelte „Sniffin´ Sticks“-Testbatterie (HUMMEL ET AL 1997), die in der vorliegenden Studie verwendet wurde, erfasst drei verschiedene Aspekte der olfaktorischen Wahrnehmung. Der Test setzt sich aus insgesamt drei Subtests für die Prüfung des Geruchssinns zusammen: der Schwellenbestimmung für den Geruchsstoff Phenylethanol, der Testung der Diskriminationsfähigkeit sowie einer Identifikationsaufgabe. Bei der Diskriminationstestung ist eine Unterscheidung von zwei Gerüchen notwendig, bei der Identifikationstestung muss ein bekannter Duft korrekt identifiziert werden.

Die Summe der Einzelergebnisse wird durch den SDI-Wert zusammengefasst. Dieser Wert erlaubt folgende Aussagen zur Funktionsfähigkeit des olfaktorischen Systems: Zum einen das Erkennen einer funktionellen Anosmie, die im Jahr 2000 durch die Auswertung einer multizentrischen Studie an 1.036 Probanden durch einen SDI-Wert kleiner als 16,5 Punkte festgelegt wurde (KOBAL ET AL 2000). Von 70 getesteten Patienten, die aus unterschiedlichen Gründen einen Riechverlust erlitten hatten, erreichte keiner einen höheren Wert als 15 Punkte. Zum anderen konnten erstmalig Richtwerte für die Riechleistung vier unterschiedlicher Altersklassen bestimmt werden, wobei nicht für jede Altersklasse eine entsprechend hohe Anzahl an Daten zur Verfügung stand. So muss beispielsweise die geringe Probandenanzahl von 23 Personen in der Altersgruppe der über 55-Jährigen als kritisch für die Etablierung eines Normwertes angesehen werden. Die Identifikation einer Hyposmie wurde durch die zehnte Perzentile der 16- bis 35-Jährigen festgelegt, da die Definition einer absoluten Hyposmie unabhängig von der individuellen Riechleistung innerhalb einer Altersklasse gesehen wird. So kann ein älterer Mensch zwar innerhalb seiner Alterklasse eine normale Funktionstüchtigkeit des olfaktorischen Systems besitzen, jedoch bei einem Punktwert kleiner als 31 bereits einen deutlichen Funktionsverlust des Riechens aufweisen.

In der Folge wurde im Jahr 2007 in eine multizentrische Studie mit mehr als 3.000 Probanden durchgeführt (HUMMEL ET AL 2007). Sie hatte zum Ziel, die Richtwerte des SDI-Wertes

verlässlicher zu definieren und konnte ausreichend Datenmaterial für jede Altersklasse generieren. Anders als in der zuvor veröffentlichten Studie konnte ein Geschlechterunterschied in der Riechleistung festgestellt werden, wobei Frauen die Riechleistung der Männer in allen drei Subtests der „Sniffin´ Sticks“ übertrafen. Der Wert für die Beurteilung einer absoluten Hyposmie, wurde in dieser Studie mit 30,3 Punkten bestätigt, obwohl fast dreieinhalb Mal soviel Datenmaterial für diese Alterklasse ausgewertet wurde. Wie bereits in vorangegangenen Studien konnte die Abnahme der Riechleistung im Lebensverlauf gesunder Menschen ab 55 Jahren bestätigt werden. Interessanterweise betraf dies jedoch nicht alle Subtests der „Sniffin´ Sticks“ gleichermaßen, sondern am meisten eine Leistungsabnahme in der Schwellentestung. Demnach können ältere Menschen zwar oftmals Düfte in geringen Konzentrationen nicht wahrnehmen, sich jedoch weiterhin an starken Düften erfreuen.

#### **3.1.7.1 Handhabung der „Sniffin´ Sticks“**

Die „Sniffin´ Sticks“ werden von der Firma Burghart hergestellt (Heinrich Burghart Elektro- und Feinmechanik GmbH, Tinsdaler Weg 175, D-22880 Wedel; [www.burghart.net](http://www.burghart.net)). Als Duftträger dienen handelsübliche Filzstifte, deren Wattestab mit vier Millilitern der Geruchssubstanz getränkt ist. Der Proband trägt während der Testung eine blickdichte Maske, die zur Förderung der Konzentration auf die Aufgabe beiträgt und gleichzeitig das Erkennen des duftstoffhaltigen Stiftes aufgrund seiner farblichen Markierung verhindert.

Die Riechstifte werden dem Probanden für drei Sekunden präsentiert, indem die Stifte nach dem Öffnen der Kappe ein bis zwei Zentimeter vor beiden Nasenlöchern geschwenkt werden. Damit der Proband weiss, wann der Stift unter seine Nase gehalten wird, und er mit einer forcierten Inspiration den Riechvorgang unterstützen kann, benennt der Untersucher die Stiftnummer, sobald der Stift die korrekte Position unter dem Naseneingang erreicht hatte. Für jeden der drei Subtests ist eine sog. „forced choice“-Beantwortung der Aufgabenstellung notwendig. Das bedeutet, dass der Proband keine Aufgabe unbeantwortet lassen darf, sondern sich für eine Antwort entscheiden musste.

Die Testung wurde in einem gut belüfteten und ruhigen Raum des *Interdisziplinären Zentrums Riechen und Schmecken* durchgeführt, um eine Beeinträchtigung der Riechfunktion aufgrund olfaktorischer und akustischer Störquellen zu minimieren.

#### **3.1.7.2 Schwellenbestimmung**

Die Schwellenbestimmung ist ein psychometrisches Messverfahren auf Grundlage der Stufen- oder Treppentechnik. Die Verdünnungsstufen sind geometrisch angeordnet und liegen jeweils von einer Stufe zur nächsten im Verhältnis 1:2 vor; die höchste Konzentration liegt

bei vier Prozent Substanzanteil. Prinzip dieses Testverfahrens ist das langsame Steigern der Geruchssubstanz Phenylethanol (PEA), bis der Proband den geruchstragenden Stift von einem dargebotenen Triplet richtig identifizieren kann.

Zu Beginn wurde der Proband mit dem Geruch des Phenylethanol vertraut gemacht, indem ihm der Stift mit der höchsten Konzentration vorgestellt wurde. Anschließend wurden den Probanden, die eine blickdichte Maske trugen, jeweils drei Stifte in zufälliger Reihenfolge präsentiert, wobei jeweils nur ein Stift den Riechstoff in einer bestimmten Konzentration enthielt. Zwei Stifte des Triplets waren so genannte geruchsfreie „Leerstifte“ (= „blanks“), die als Füllstoff das geruchsneutrale Propylenglycol enthielten. Bis zum ersten olfaktorischen Eindruck des Probanden wurden die Triplets um jeweils zwei Verdünnungsstufen in der Konzentration der Geruchssubstanz gesteigert. Startpunkt war entweder der Stift mit der geringsten Riechstoffkonzentration oder der darauf folgende Stift, der die Riechstoffkonzentration um eine Stufe höher beinhaltete. Konnte der Proband zweimal nacheinander den geruchstragenden Stift korrekt identifizieren, war der erste Wendepunkt markiert. Daraufhin wurden dem Probanden die nächsten höheren Verdünnungen in einstufigen Schritten angeboten, bis er den geruchstragenden Stift nicht korrekt identifizieren konnte. Dieses Triplet bildete den nächsten Wendepunkt, von dem an die Stifte erneut so lange in aufsteigender Konzentration präsentiert wurden, bis der richtige Stift (= Zielstift) wieder korrekt identifiziert werden konnte. Die Position des Zielstiftes wurde von dem Versucher variiert, damit der Proband den Versuchsaufbau nicht erfasste und die Position des Zielstifts durchschaute. Der Proband musste sich auch dann für einen Stift entscheiden, wenn er unsicher war. Zwischen der Darbietung der Stifte eines Triplets wurde ein Zeitabstand von fünf Sekunden eingehalten, die Triplets wurden in einem Abstand von mindestens 20 Sekunden dargeboten. Dabei wurde darauf geachtet, die Stifte jeweils nur einmal zu präsentieren, um die gleichen Versuchsbedingungen für jeden Probanden zu gewährleisten und die Versuchsdauer zu begrenzen. Insgesamt dauerte ein Testdurchlauf zwischen zehn und 20 Minuten.

Für die Berechnung der Geruchsschwelle wurden nur die letzten vier Wendepunkte berücksichtigt, da mit einer Eingewöhnungszeit des Probanden an den Versuchsablauf gerechnet werden musste. Die Geruchsschwelle definierte sich somit als Mittelwert der letzten vier Verdünnungsstufen, die zuvor als Wendepunkte markiert worden waren (0-16 Punkte).

### **3.1.7.3 Diskriminationsfähigkeit**

Auch bei diesem Test wurde dem Probanden der Versuchsablauf erklärt und eine blickdichte Maske aufgesetzt. Der Testperson wurden nacheinander 16 Triplets dargeboten. Zwei Stifte eines Triplets besaßen den gleichen Geruchsstoff. Der Proband musste den Stift auswäh-

len, der anders als die beiden anderen roch. Bei der Entwicklung des Tests wurde besonderer Wert darauf gelegt, dass bei der Auswahl der Düfte nur solche zu einem Tripletts zusammengefasst wurden, die sich sowohl im Grad der Intensitätswahrnehmung als auch in der Hedonik glichen. Auf diese Weise wurde gewährleistet, dass der Stift einzig aufgrund seiner unterschiedlichen Geruchsqualität identifiziert werden konnte. Gesunde Probanden erreichen bei diesem Testverfahren eine Erfolgsquote von über 75 Prozent (HUMMEL 1997). Zwischen den Tripletts wurde ein Zeitabstand von mindestens 30 Sekunden eingehalten. Die einzelnen Stifte eines Tripletts wurden dem Probanden circa drei Sekunden dargeboten. Jeder erfolgreich identifizierte Stift eines Tripletts wurde mit einem Punkt bewertet. Auf diese Weise konnten 0-16 Punkte erreicht werden.

#### **3.1.7.4 Identifikationstestung**

Dieses Testverfahren erfasste die Identifikationsleistung des Probanden. Dabei wurden dem Probanden 16 Stifte nacheinander in einem Mindestabstand von 30 Sekunden dargeboten, um einer Desensibilisierung der olfaktorischen Wahrnehmung entgegenzuwirken. Der Proband wurde aufgefordert, von vier vorgegebenen Antwortmöglichkeiten den Begriff auszuwählen, der den dargebotenen Duftstoff am besten beschrieb. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Tests kann der Proband auf Nachfrage wiederholt an einer Stiftprobe riechen. Ebenfalls anders als bei den vorangegangenen Testverfahren wird dem Probanden keine blickdichte Maske aufgesetzt. Auch in der Identifikationstestung wurde jeder korrekt identifizierte Stift mit einem Punkt bewertet. Auf diese Weise können 0-16 Punkte erreicht werden.

Für die endgültige Testversion des Identifikationstestes (HUMMEL 1997) wurde auf folgende Prämissen Wert gelegt: Bei der Auswahl der möglichen Antworten wurden nur Gerüche verwendet, die einen hohen Bekanntheitsgrad besaßen und in Fragen der Hedonik und Intensität gleichartig waren. Des Weiteren wurden nur die Duftstoffe ausgewählt, die von mehr als 80% der gesunden Probanden richtig identifiziert wurden. Dazu zählten folgende 16 Gerüche: Orange, Pfefferminz, Terpentin, Gewürznelke, Leder, Banane, Knoblauch, Rose, Fisch, Zitrone, Kaffee, Anis, Zimt, Lakritze, Apfel und Ananas. Fünf Gerüche (Menthol, Zwiebel, Flieder, Melone und Himbeere) wurden von der Testbatterie ausgeschlossen, da sie diesem Anspruch nicht gerecht wurden.

## **3.2 Mathematisch statistische Analyse**

Ein Großteil der Darstellung der Ergebnisse für Studie 1 basiert auf der Erläuterung deskriptiver Kenndaten der Statistik. Zur Überprüfung eines signifikanten Unterschieds zwischen Traumriechern und NTR im Punktwert Olfaktorisches Interesse war für beide Fragebögen der Unterschiedstest nach Mann und Whitney für unabhängige Stichproben geeignet. Ob

Männer und Frauen bei der Beantwortung des Fragebogens signifikant abweichende Punktwerte erzielten, wurde ebenfalls mit diesem Test untersucht. Außerdem wurde für Studie 1 der Chi-Quadrat-Test eingesetzt, um eine mögliche Gruppendifferenz zwischen Männern und Frauen in Hinblick auf den Anteil der Traumriecher zu überprüfen. Inwiefern das Alter einen Einfluss auf die Ergebnisse des Fragebogens hatte, wurde mithilfe des Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman dargestellt.

Der T-Test stellte bei den intervallskalierten Punktwerten der „Sniffin´ Sticks“ den geeigneten statistischen Test für das Aufdecken von signifikanten Unterschieden zwischen den Traumriechern und der Kontrollgruppe dar. Für die Darstellung eines Zusammenhangs zwischen dem Ergebnis des Fragebogens und dem SDI-Wert der „Sniffin´ Sticks“ wurden gleichfalls Korrelationsberechnungen nach Spearman durchgeführt.

Das Signifikanzniveau für die verwendeten statistischen Tests wurde auf  $p = 0,05$  festgesetzt. Für alle statistischen Berechnungen und graphischen Darstellungen wurde das Software Programm SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) in der Version 12 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) genutzt.

## 4 Ergebnisse

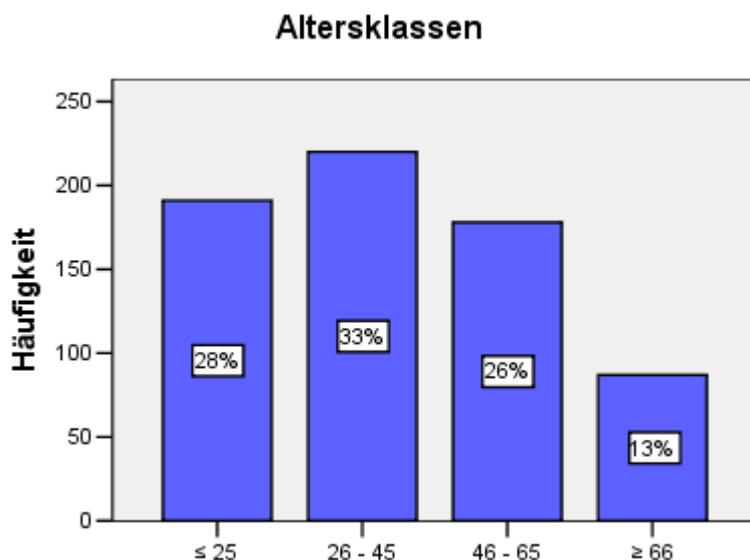
Die Ergebnisse werden für Studie 1 und Studie 2 getrennt dargestellt.

### 4.1 Studie 1

Von circa 900 verteilten Fragebögen wurden 736 beantwortet zurückgegeben. Aufgrund von ungültigen Antworten oder offen gelassener Fragen wurden 40 Fragebögen aus der Bewertung genommen: In 17 Fragebögen war bei manchen Fragen mehr als eine Antwort angekreuzt oder das Kreuz zwischen den Antwortmöglichkeiten gesetzt worden. Zwanzig Befragte ließen mindestens eine Frage unbeantwortet und neun Befragte ließen die gesamte Rückseite des Fragebogens offen.

#### 4.1.1 Alters- und Geschlechterverteilung der Befragung

Mit Ausnahme von 20 Befragten gaben alle Befragten ihr Alter an. Die beiden jüngsten Befragten waren elf Jahre, die älteste Teilnehmerin 85 Jahre alt. Zur Veranschaulichung der Altersverteilung wurden fünf Altersklassen gebildet (Abbildung 3.1). In der Altersklasse der  $\geq 66$ -Jährigen wurde die geringste Teilnehmerzahl rekrutiert. Im Mittel waren die Befragten 41,2 Jahre alt, der Median lag bei 36 Lebensjahren. Das Geschlechterverhältnis war zugunsten der Frauen mit 63,8% von insgesamt 696 gewerteten Fragebögen verschoben.



**Abbildung 3.1 Balkendiagramm mit vier Altersklassen der Erhebung** (n = 676; 20 Probanden gaben ihr Alter nicht an)

### 4.1.2 Generelle Traumerinnerung

Das Kreisdiagramm der Abbildung 3.2 verdeutlicht, dass sich die Befragten der ersten Studie insgesamt weniger gut an ihre Träume erinnern konnten. Deutlich mehr als die Hälfte der Befragten (62,8%) gab an, sich nur manchmal oder nie an die erlebten Träume erinnern zu können. Trotzdem war die Hälfte der Befragten davon überzeugt, in Bezug auf die Häufigkeit oft zu träumen. Elf Prozent der Befragten gaben sogar an, jede Nacht zu träumen (Abbildung 3.3). Es herrschte demzufolge eine Diskrepanz zwischen der Erinnerungsfähigkeit der Befragten und der Häufigkeit des Träumens: Obwohl über die Hälfte der Befragten bestätigte, oft bis jede Nacht zu träumen, konnte sich nur gut ein Drittel (34,2%) der Befragten meistens an die erlebten Träume erinnern.

Diese Beobachtung steht im Einklang mit Studienergebnissen in der experimentellen Traumforschung, in der die Traumerinnerung und das Auftreten von Träumen streng voneinander getrennt werden (BORBÉLY 1984). Schon Sigmund Freud hat aus seinen Beobachtungen abgeleitet, dass Menschen mehr träumen als sie erinnern, weil „[...] Träume sich dem Gedächtnis oft nur flüchtig einprägen und leicht vergessen werden[...]“ (FREUD 1900/1961, S.46).

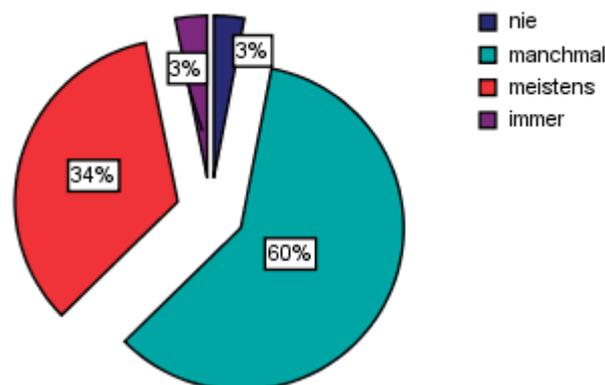


Abbildung 3.2 Generelle Traumerinnerung (n = 696 Befragte)

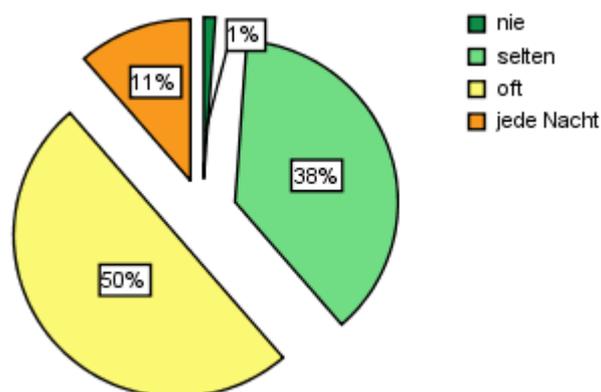


Abbildung 3.3 Häufigkeit des Träumens (n = 696 Befragte)

### 4.1.3 Erinnerung an einen Geruchstraum

Von 696 Befragten gaben 50 Probanden (7,2%) an, sich ausschließlich an einen Geruchstraum zu erinnern. 114 Probanden (16,4%) konnten sich sowohl an einen Geruchs- als auch einen Geschmackstraum erinnern. Vierundvierzig Probanden (6,3%) gaben an, sich ausschließlich an einen Geschmackstraum zu erinnern. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass der Sinneseindruck „Schmecken“ hauptsächlich durch retronasales Riechen bedingt ist, wurde jeder Bericht eines Geruchstraums auf eine olfaktorische Komponente untersucht. Auf diese Weise konnten zehn weitere Traumriecher identifiziert werden, da ihre Beschreibungen des Geschmackseindrucks spezifische Aromen beinhaltete. Somit ergab sich für diese Studie eine Anzahl der Traumriecher von 174 Probanden (25%; Abbildung 3.4).

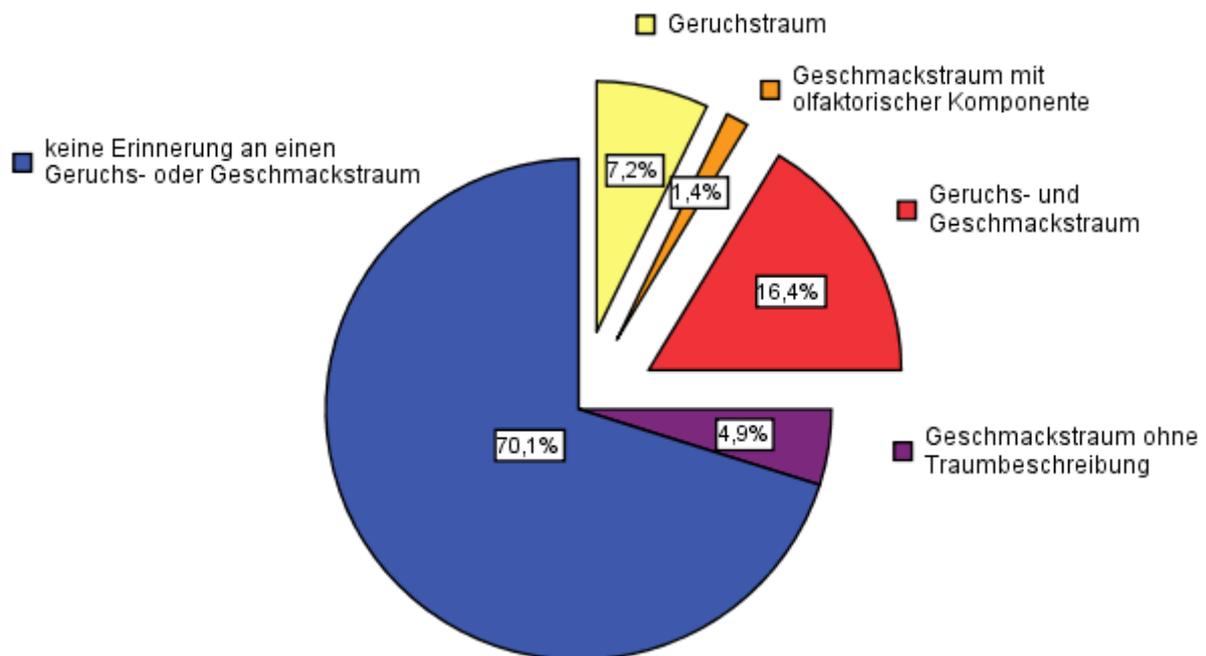


Abbildung 3.4 Erinnerung an einen Geruchs- und/oder Geschmackstraum (n = 696 Befragte)

#### 4.1.4 Abhängigkeit vom Geschlecht

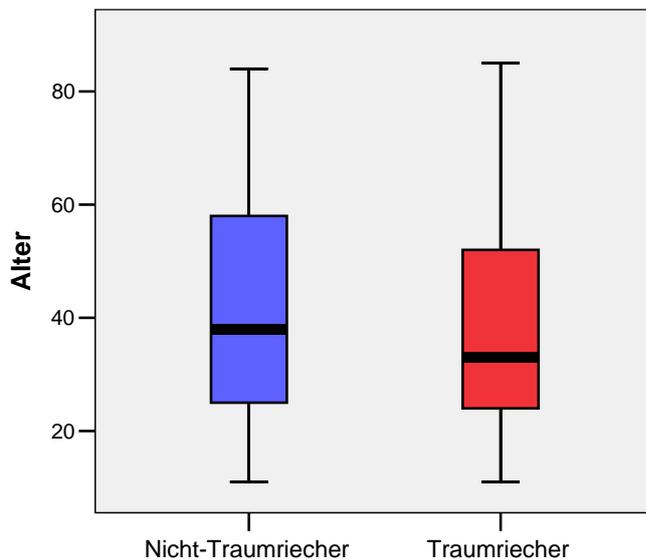
Der Chi-Quadrat-Test zeigte keinen signifikanten Unterschied ( $p = 0,85$ ) der Geschlechtergruppen bezüglich der Fähigkeit, sich an einen Geruchstrom zu erinnern. Aus der Kreuztabelle (Tabelle 3.5) können die beobachteten Häufigkeiten in Abhängigkeit von der Traumerinnerung für beide Geschlechter entnommen werden. Prozentual gesehen war der Anteil der Traumriecher in beiden Geschlechtergruppen in etwa gleich hoch: bei den Frauen lag er bei 24,8% ( $n = 110$ ) und bei den Männern bei 25,4% ( $n = 64$ ). Demzufolge war die Fähigkeit, sich an einen Geruchstrom zu erinnern, unabhängig von der Geschlechterzugehörigkeit.

|  |                         | Geschlecht                                 |          | Gesamt   |       |
|--|-------------------------|--|----------|----------|-------|
|  |                         | weiblich                                   | männlich | weiblich |       |
| <b>Erinnerung an Geruchs- und/ oder Geschmackstrom</b> | <b>keine Erinnerung</b> | Anzahl                                     | 334      | 188      | 522   |
|  |                         | Erwartete Anzahl                           | 333      | 189      | 522   |
|  |                         | % von Erinnerung an Riechen oder Schmecken | 64       | 36       | 100   |
|  |                         | % von Geschlecht                           | 75,2     | 74,6     | 75    |
|  |                         | % der Gesamtzahl                           | 48       | 27       | 75    |
|  | <b>Erinnerung</b>       | Anzahl                                     | 110      | 64       | 174   |
|  |                         | Erwartete Anzahl                           | 111      | 63       | 174   |
|  |                         | % von Erinnerung an Riechen oder Schmecken | 63,2     | 36,8     | 100,0 |
|  |                         | % von Geschlecht                           | 24,8     | 25,4     | 25,0  |
|  |                         | % der Gesamtzahl                           | 15,8     | 9,2      | 25,0  |
| <b>Gesamt</b>  |                         | Anzahl                                     | 444      | 252      | 696   |
|  |                         | Erwartete Anzahl                           | 444      | 252      | 696   |
|  |                         | % von Erinnerung an Riechen oder Schmecken | 63,8     | 36,2     | 100   |
|  |                         | % von Geschlecht                           | 100      | 100      | 100   |
|  |                         | % der Gesamtzahl                           | 63,8     | 36,2     | 100   |

**Tabelle 3.5 Chi-Quadrat-Tabelle der Geschlechterunterschiede:** Darstellung der prozentualen Häufigkeiten für die Erinnerung an einen Geruchstrom in Bezug auf die Geschlechterzugehörigkeit ( $n = 696$ )

### 4.1.5 Abhängigkeit vom Alter

Der T-Test für unabhängige Stichproben zeigte einen geringen Altersunterschied zwischen Traumriechern und Nicht-Traumriechern ( $p = 0,02$ ). Die Darstellung der Boxplots in Abbildung 3.6 verdeutlicht, dass dieser Unterschied geringfügig war. Der Mittelwert des Alters lag bei 38,5 Lebensjahren (Standardabweichung = 17,4) in der Gruppe der Traumriecher und 42,09 Lebensjahren (Standardabweichung = 18,3) in der Gruppe der NTR (Abbildung 3.6). Eine negative Spearman-Korrelation zwischen dem Alter und der generellen Erinnerungsfähigkeit für Träume verdeutlichte, dass sich die älteren Probanden in dieser Studie insgesamt schlechter an ihre Träume erinnerten als die jüngeren Probanden ( $r = -0,09$ ;  $p = 0,02$ ). Außerdem gaben die älteren Befragte tendenziell häufiger an, seltener zu träumen als die jüngeren Befragten ( $r = -1,9$ ;  $p < 0,001$ ).



**Abbildung 3.6 Boxplots Altersverteilung in der Gruppe der Traumriecher und der Gruppe der Nicht-Traumriecher:** Die obere und untere Grenze des Kastens markieren die 75. und die 25. Perzentile. Die Ausläufer (whiskers) entsprechen Minimum und Maximum der Werte, sofern diese keine Ausreißer sind. Der Modalwert ist durch die horizontale Linie gekennzeichnet ( $n = 676$ ; 20 Befragte gaben ihr Alter nicht an).

### 4.1.6 Inhalte der Traumbeschreibungen

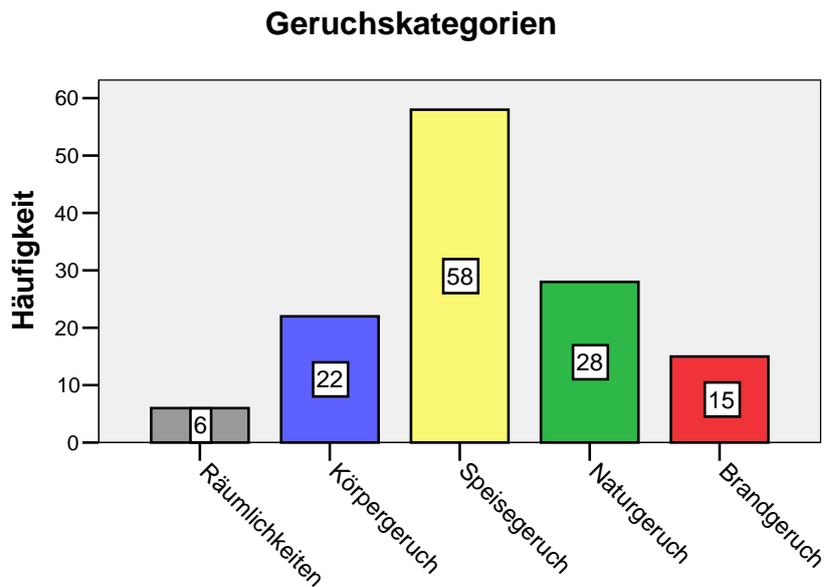
Von den 174 Personen (25%), die angegeben hatten, sich an einen Geruchstraum zu erinnern, kamen nur 105 Befragte (15,1%) der Aufforderung nach, eine Geruchsempfindung in einem oder mehreren Beispielträumen schriftlich auszuführen. Es ist wichtig zu berücksichtigen, dass einige der schriftlichen Berichte keinen Handlungsablauf schilderten, sondern lediglich eine Aufzählung der Geruchseindrücke beinhalteten. Aus diesem Grund ist es nicht möglich, eine Aussage darüber zu treffen, ob sich die Wahrnehmungen auf einen oder mehrere Träume bezogen und wie viele Träume insgesamt beschrieben wurden. Die Befragten

schilderten insgesamt 136 Geruchseindrücke, die 56 unterschiedliche Einzelgerüche beinhalteten. Vier der Geschmacksbeschreibungen wurden als reine Geschmackssensationen gewertet, z. B. „süßlicher Geschmack“, und nicht in die Auflistung der Geruchseindrücke aufgenommen.

Die beschriebenen Gerüche und die Häufigkeit ihrer Nennung sind in Tabelle 3.7 aufgelistet. Sieben der Geruchseindrücke wurden nicht begrifflich genannt, sondern beinhalteten lediglich Beschreibungen der Eigenschaften des Geruchs (z.B. „schwerer süßlicher Geruch“) und konnten deshalb keiner Kategorie zugeordnet werden. Zur Veranschaulichung der am häufigsten genannten Gerüche wurden fünf Kategorien (Brandgeruch, Körpergeruch, Speisegeruch, Naturgeruch und Räumlichkeiten) aufgestellt (Abbildung 3.8). Das Balkendiagramm verdeutlicht, dass die meisten Geruchseindrücke zu der Kategorie Speisegeruch (58) zählten. Dabei wurden Speisegerüche nicht ausschließlich beim Essen, sondern häufig auch bei der Essenszubereitung wahrgenommen.

|                           |  |
|---------------------------|--|
| <b>Brandgeruch (15)</b>   | Brandgeruch (8), Rauch (4), Rauchgas (1), Holzfeuer (1), Autoabgase (1)  |
| <b>Körpergeruch (22)</b>  | Parfum (10), Personen (5), Partner (3), Babywäsche (1), Blut (1), Erbrochenes (1), Schweiß (1)   |
| <b>Speisegeruch (58)</b>  | Speisen (21), Schokolade (3), Süßigkeiten (2), Tomate (1), Torte (2), Schnitzelgericht (2), Bier (2), Grillessen (2), Kaffee (2), Früchte (2), Bagels (1), Bratfett (1), Bratwurst (1), Eis (1), Gebrannte Mandeln (1), Kuchen (1), Lebkuchen (1), Muffins (1), Nougat (1), Obstkuchen (1), Orangensaft (1), Pfefferkuchen (1), Pfefferminz (1), Pflaumenkuchen (1), roher Teig (1), Spaghetti mit Tomatensauce (1), Spaghetti-Eis (1), Spare-Ribs (1), Wein (1) |
| <b>Natur (28)</b>         | Blumen (11), Naturgeruch (5), Kräuter (1), Heu (1), Hund (1), Lindenbäume (1), Meeresgeruch (3), Wald (1), Erde (1), fauliges Wasser (1), Tannennadeln (1), Tiergeruch (1)   |
| <b>Räumlichkeiten (6)</b> | Spezifische Räumlichkeiten (5), Bohnerwachs (1)  |

**Tabelle 3.7 Häufigkeiten der einzelnen Geruchsnennungen in den Geruchstraumbeschreibungen (n = 129)**



**Abbildung 3.8 Häufigkeiten der beschriebenen Geruchseindrücke im Traum in fünf Geruchskategorien** (n = 129, sieben Geruchsbeschreibungen konnten diesen Kategorien nicht zugeordnet werden)

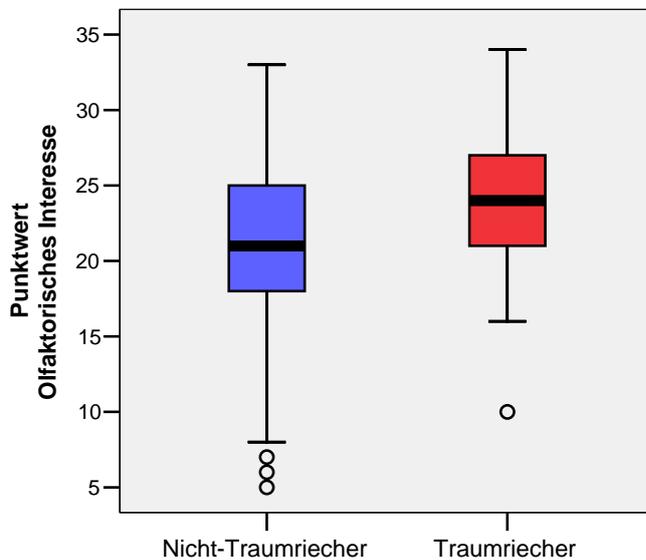
#### 4.1.7 Olfaktorisches Interesse

Die Gruppe der Traumriecher erzielte bei der Beantwortung des ersten Fragebogens signifikant höhere Werte im Punktwert Olfaktorisches Interesse als die Gruppe der NTR. Der Median lag bei 24 in der Gruppe der Traumriecher und in der Gruppe der NTR bei 21. Der Test von Mann und Whitney zeigte, dass der Unterschied zwischen den beiden Testgruppen bei der Beantwortung nicht auf die zufällige Schwankung der Ergebnisse zurückzuführen ist ( $p < 0,001$ ) und die Nullhypothese abgelehnt werden kann (Abbildung 3.9).

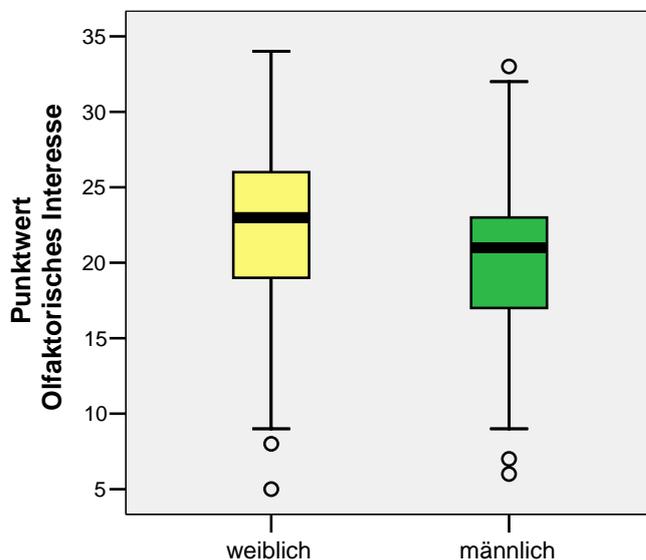
Die Ergebnisse, die von den Befragten im zweiten Abschnitt des ersten Fragebogens erzielt wurden, waren nur geringfügig abhängig vom Alter. Es zeigte sich eine sehr geringe gegenläufige Spearman-Korrelation zwischen dem Alter der Teilnehmer und dem Punktwert Olfaktorisches Interesse ( $r = -0,09$ ;  $p = 0,001$ ). Demzufolge ergab sich eine leichte Tendenz, nach der die älteren Befragten dem Riechen einen geringeren Stellenwert einräumten als die jüngeren Befragten.

Außerdem fielen geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Beantwortung des zweiten Teils des ersten Fragebogens auf. Frauen erzielten im Gesamtwert des Fragebogens Olfaktorisches Interesse höhere Punktwerte als Männer (Frauen Median = 23; Männer Median = 21;  $p < 0,001$ ). Mithilfe der Boxplots wurden diese Unterschiede graphisch dargestellt

(Abbildung 3.10). Nach den Ergebnissen des Fragebogens zu urteilen, räumten die Frauen dem Riechen in dieser Befragung einen größeren Stellenwert ein als die Männer.



**Abbildung 3.9 Boxplots der Unterschiede im Punktwert Olfaktorisches Interesse zwischen Traumriechern und Nicht-Traumriechern:** Die obere und untere Grenze des Kastens markieren die 75. und die 25. Perzentile. Die Ausläufer (whiskers) entsprechen Minimum und Maximum der Werte, sofern diese keine Ausreißer sind. Der Modalwert ist durch die horizontale Linie gekennzeichnet. Die Kreise markieren Ausreißer (n = 696).



**Abbildung 3.10 Geschlechterunterschiede im Punktwert Olfaktorisches Interesse:** Die obere und untere Grenze des Kastens markieren die 75. und die 25. Perzentile. Die Ausläufer (whiskers) entsprechen Minimum und Maximum der Werte, sofern diese keine Ausreißer sind. Der Modalwert ist durch die horizontale Linie gekennzeichnet. Die Kreise markieren Ausreißer (n = 696).

## 4.2 Studie 2

Auch in Studie 2 wurde bei der Beantwortung des Fragebogens ein signifikanter Unterschied zwischen Traumriechern und NTR festgestellt. Traumriecher erzielten im Gesamtwert des Fragebogens Olfaktorisches Interesse höhere Punktwerte als NTR (Traumriecher Median = 25; NTR Median = 22;  $p = 0,04$ ).

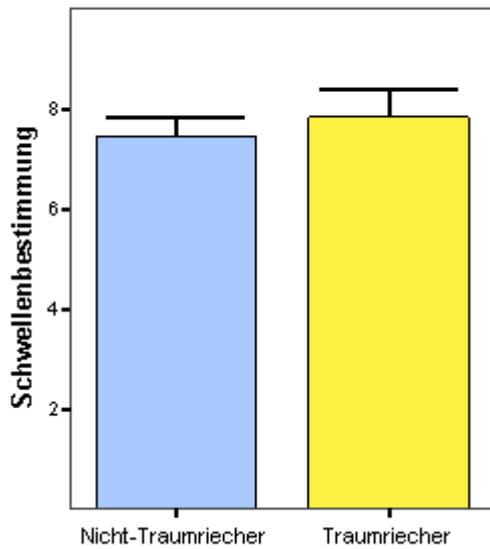
Im Vergleich der Riechleistung zwischen Traumriechern und NTR anhand der „Sniffin´ Sticks“-Testbatterie wurde zwischen den beiden Gruppen ein signifikanter Unterschied in der Identifikationsaufgabe offenkundig ( $p = 0,04$ ). Außerdem erzielten die Traumriecher in der Diskriminationsaufgabe im Mittel bessere Ergebnisse, jedoch verfehlte dieser Unterschied bei der statistischen Auswertung mit  $p = 0,09$  knapp das Signifikanzniveau. Der Vergleich des Gesamtwerts der „Sniffin´ Sticks“ zeigte ebenfalls einen Trend für eine bessere Riechleistung in der Gruppe der Traumriecher. Jedoch wurde auch in diesem Fall das Signifikanzniveau knapp verfehlt ( $p = 0,07$ ). Im Gegensatz dazu unterschieden sich Traumriecher und NTR nicht in der Schwellenbestimmung ( $p = 0,6$ ; Tabelle 3.11 und 3.12; Abbildungen 3.13-3.16).

|              |                         | Schwelle | Diskrimi-<br>nation | Identifikation | SDI-Wert |
|--------------|-------------------------|----------|---------------------|----------------|----------|
| NTR          | n                       | 21       | 21                  | 21             | 21       |
|              | Mittelwert              | 7,4      | 13,5                | 13,7           | 34,4     |
|              | Standard-<br>abweichung | 1,9      | 1,5                 | 1,6            | 3,7      |
| Traumriecher | n                       | 20       | 20                  | 20             | 20       |
|              | Mittelwert              | 7,8      | 14,2                | 14,6           | 36,7     |
|              | Standard-<br>abweichung | 2,5      | 1,2                 | 1,4            | 3,8      |

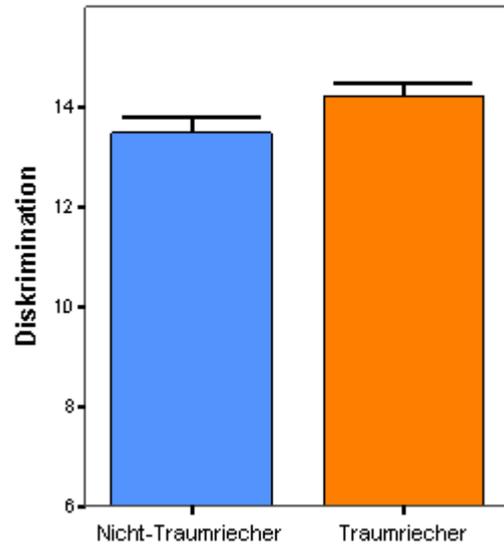
Tabelle 3.11 Ergebnisse im „Sniffin´ Sticks“-Test für Traumriecher und NTR (n=41)

|                    | Schwelle | Diskrimination | Identifikation | SDI-Wert |
|--------------------|----------|----------------|----------------|----------|
| t-Wert             | 0,58     | 1,72           | 2,10           | 1,90     |
| Mittlere Differenz | 0,39     | 0,72           | 0,98           | 2,24     |
| Signifikanz        | 0,56     | 0,093          | 0,042          | 0,064    |

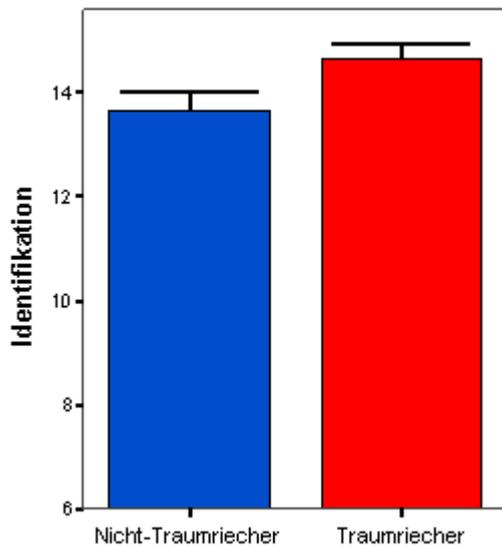
Tabelle 3.12 T-Test für unabhängige Stichproben: Unterschiede in den Ergebnissen des „Sniffin´ Sticks“- Tests zwischen Traumriechern und NTR (n=41)



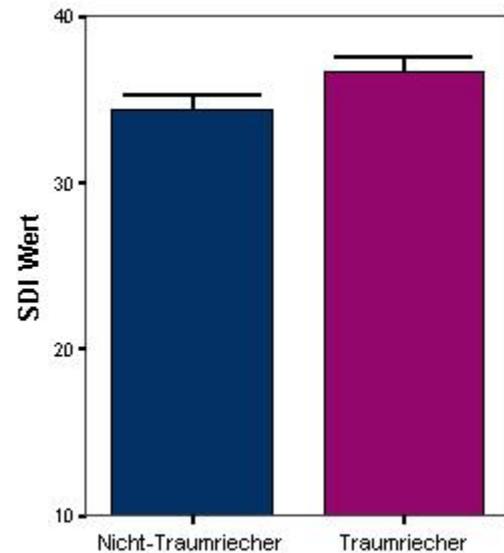
**Abbildung 3.13 Fehlerbalkendiagramm: Unterschiede in der Schwellenbestimmung zwischen Traumriechern und NTR.** Die Balken kennzeichnen die Mittelwerte; die Fehlerbalken zeigen +/- 1 Standardfehler des Mittelwertes (n = 41).



**Abbildung 3.14 Fehlerbalkendiagramm: Unterschiede in der Diskrimination zwischen Traumriechern und NTR.** Die Balken kennzeichnen die Mittelwerte; die Fehlerbalken zeigen +/- 1 Standardfehler des Mittelwertes. Die y-Achse beginnt aufgrund der besseren Übersichtlichkeit nicht bei 0 (n = 41).



**Abbildung 3.15 Fehlerbalkendiagramm: Unterschiede in der Identifikation zwischen Traumriechern und NTR.** Die Balken kennzeichnen die Mittelwerte; die Fehlerbalken zeigen +/- 1 Standardfehler des Mittelwertes. Die y-Achse beginnt aufgrund der besseren Übersichtlichkeit nicht bei 0 (n = 41).



**Abbildung 3.16 Fehlerbalkendiagramm: Unterschiede im SDI-Wert zwischen Traumriechern und NTR.** Die Balken kennzeichnen die Mittelwerte; die Fehlerbalken zeigen +/- 1 Standardfehler des Mittelwertes. Die y-Achse beginnt aufgrund der besseren Übersichtlichkeit nicht bei 0 (n = 41).

### 4.2.1 Beziehung zwischen Fragebogen und SDI-Wert

Aufgrund der Annahme, dass der Punktwert Olfaktorisches Interesse die individuelle Wichtigkeit des Riechens widerspiegelt, erschien die Überprüfung der Beziehung zwischen diesem Wert und dem SDI-Wert sinnvoll. Dabei sollte der Frage nachgegangen werden, ob die erreichten Punktwerte des Fragebogens einen Rückschluss auf die Riechleistung der Probanden erlaubten. Es zeigte sich eine Korrelation ( $r = 0,33$ ;  $p = 0,03$ ) zwischen dem SDI-Wert und dem Punktwert Olfaktorisches Interesse (Abbildung 3.17). Dieser Zusammenhang lässt erkennen, dass Menschen, die sich intensiv mit dem Thema Riechen auseinandersetzen, tendenziell auch besser in ihrer Riechleistung sind.

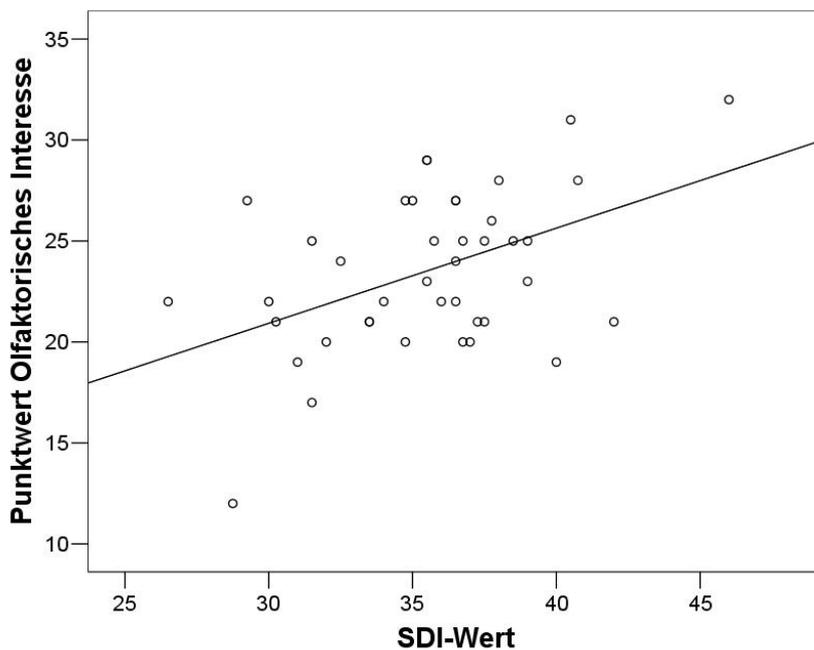


Abbildung 3.17 Spearman Korrelation zwischen dem Punktwert Olfaktorisches Interesse und dem SDI-Wert ( $n = 41$ )

## 5 Diskussion

Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit war es, neue Aspekte von mentalen Geruchseindrücken im Traum zu finden und deren Verhältnis zum realen Geruchserleben zu untersuchen. Außerdem sollte untersucht werden, ob Traumriecher eine bessere Sensitivität für Gerüche besitzen als Probanden, die sich nicht an einen Geruchstraum erinnern können.

### 5.1 Eigenschaften der Geruchsträume

Im Vergleich zu den beiden vorherigen Studien zum Thema mentale Geruchsvorstellungen im Traum (STEVENSON & CASE 2005b, ARSHAMIAN 2007) gab in dieser Studie ein etwas geringerer Anteil der Probanden an, sich an Träume mit Geruchsempfindungen zu erinnern (25% der Befragten in Studie 1). Im Gegensatz zu Studien, in denen ein Geschlechterunterschied bei der Erinnerungsfähigkeit für Geruchsträume auffällig war (ZADRA ET AL 1998), gaben Männer und Frauen in dieser Studie mit gleicher Häufigkeit an, sich an Geruchsträume zu erinnern. Diese Beobachtung überrascht, da Frauen im Punktwert Olfaktorisches Interesse des Fragebogens signifikant höhere Punktwerte erzielten als Männer. Das größere Interesse der Frauen an Gerüchen hatte jedoch – nach den Ergebnissen dieser Erhebung zu urteilen – keinen Einfluss auf die Erinnerungsfähigkeit für Geruchsträume. Das Alter hatte einen leicht negativen Einfluss auf die Erinnerungsfähigkeit für Geruchsträume, wobei in dieser Studie ein genereller Trend für eine schlechtere Erinnerungsfähigkeit für Träume im Alter erkennbar war.

Die Tatsache, dass ein Viertel der Probanden angab, sich an Gerüche im Traum zu erinnern, untermauert die Existenz mentaler Geruchsvorstellungen im Traum. Zugleich wird durch diese verhältnismäßig geringe Anzahl jedoch auch die untergeordnete Rolle von Geruchswahrnehmungen im Traum im Vergleich zu visuellen oder auditorischen Sinneswahrnehmungen deutlich. Schon Mary Calkins veröffentlichte 1893 in einer Arbeit eine Tabelle, in der sie aufschlüsselte, wie häufig die verschiedenen Sinneswahrnehmungen in Träumen vertreten waren. In den beiden von ihr untersuchten Traumserien waren Sehen und Hören die vorherrschenden Eindrücke, während nur ganz selten etwas ertastet oder gerochen wurde. Diese Rangfolge der Sinneswahrnehmungen hat sich auch in späteren Untersuchungen bestätigt, die sich auf eine breite Datenbasis stützten (MCCARLEY & HOFFMAN 1981; STRAUCH & MEIER 2004; ZADRA ET AL 1998). Bildhafte Eindrücke fanden sich mit ganz wenigen Ausnahmen in allen Träumen. Auditorische Phänomene, aber auch Körperempfindungen, wurden in rund zwei von drei Träumen erlebt (STRAUCH & MEIER 2004). Die untergeordnete Rolle von mentalen Geruchseindrücken im Traum im Vergleich zu visuellen oder auditorischen Vorstellungen

steht im Einklang mit der untergeordneten Rolle olfaktorischer Vorstellungen während des Wachseins. Es kann argumentiert werden, dass die mangelnde Übung beim Hervorrufen von mentalen Geruchsvorstellungen im täglichen Leben verantwortlich für die untergeordnete Rolle der Geruchsempfindungen im Traum ist.

In Übereinstimmung mit den Studienergebnissen von Stevenson & Case (2005b) und Arshamian (2007) hatte der Großteil der in den Fragebögen beschriebenen Traumgerüche einen direkten Bezug zur Realität. Sie spiegelten somit einen Ausschnitt der Gerüche wider, die uns im Alltag begegnen. Am häufigsten wurden Speisegerüche genannt, die entweder beim Essen oder dessen Zubereitung wahrgenommen wurden. Erwähnenswert ist, dass drei der Befragten berichteten, sie wären hungrig gewesen, bevor sie vom Essen geträumt hätten: „Wenn ich hungrig ins Bett gehe, träume ich häufig vom Essen und habe so aus Erfahrung einen typischen Geruchs- und Geschmackssinn im Hinterkopf.“ Die Hauptrolle der Nahrungserüche bei den Geruchsnennungen bestätigt die wichtige Bedeutung des Geruchsinns bei der Nahrungsaufnahme. Erfahrungsgemäß ist für Menschen mit Riechstörungen der schwerwiegendste Verlust an Lebensqualität, dass sie beim Essen den Genuss der verschiedenen Aromen nicht mehr wahrnehmen können. Das bestätigen im Allgemeinen 70% der Patienten, deren Geruchssinn eingeschränkt ist (TEMMELE ET AL 2002).

Neben Speisegerüchen zählten zu den erinnerten Gerüchen Naturgerüche (z. B. der Geruch von Wald und Blumen), Körpergerüche (z. B. Parfum, Schweißgeruch), Brandgerüche oder der Geruch spezifischer Räumlichkeiten. Interessanter Weise entfiel in der Kategorie Personengeruch mehr als die Hälfte (13/22) der Gerüche auf vertraute Personengerüche. Diese Beobachtung unterstreicht die wichtige Rolle von Gerüchen im Bereich sozialer Beziehungen. Es ist bekannt, dass uns Gerüche unbewusst Informationen über andere Menschen vermitteln und unsere Zuneigung oder Ablehnung beeinflussen. Sie besitzen beispielsweise einen hohen Stellenwert bei der Partnerfindung (HERZ & INZLICHT 2002) oder bei der Mutter-Kind-Bindung (HATT 2005).

In Hinblick auf die reale Sinneserfahrung des Riechens besitzen Gerüche charakteristischer Weise eine emotionale Dimension und werden entweder als angenehm (positive Hedonik) oder als unangenehm (negative Hedonik) eingestuft (LLEDO ET AL 2005). In einer Vielzahl von Traumberichten wurden die Gerüche mit emotionalen Begriffen wie beispielsweise „Angst“, „ekkliger Geruch“ oder „lecker“ assoziiert. Diese Beobachtung legt die Vermutung nahe, dass Geruchserlebnisse im Traum das gleiche emotionale Potential besitzen wie tatsächlich erlebte Gerüche. In fünf Fällen berichteten die Befragten sogar, dass der wahrgenommene Geruch aufgrund der intensiven emotionalen Reaktion zum Aufwachen aus dem Traum geführt

habe: „Ich habe von einem brennenden Haus geträumt und bin über den Geruch – beißen-der Rauch – erschreckt aufgewacht.“

Menschen erfahren bereits im Kindesalter familiäre und kulturell-traditionelle Prägungen durch Gerüche. Gerüche können Emotionen hervorrufen, durch die wir uns in vergangene Zeiten zurückversetzt fühlen. Zu Beginn des letzten Jahrhunderts beschreibt Proust in seinem Roman „Auf der Suche nach der verlorenen Zeit“, wie der Geruch eines Stücks Madeleine-Gebäck intensive Erinnerungen an den Ort seiner Kindheit Combray hervorrufft (PROUST 1919). In der Gedächtnisforschung steht das „Proustphänomen“ für die Eigenschaft von Gerüchen, unwillkürliche Erlebnisse der Vergangenheit erinnerbar zu machen. Sowohl reale Gerüche als auch mentale Geruchsvorstellungen können wahrscheinlich weiter zurückliegende Erinnerungen hervorrufen als verbale Begriffe (WILLANDER 2007). Außerdem scheinen geruchlich provozierte Erinnerungen im Vergleich zu bildlich oder begrifflich provozierten Erinnerungen stärkere emotionale Erregungen zu bewirken (WILLANDER & LARSSON 2007).

Auch im Traum scheinen Gerüche mit lebhaften Erinnerungen assoziiert zu werden: In fünf Traumbeschreibungen wiesen die Befragten darauf hin, dass sie einen spezifischen Geruch wahrgenommen hätten, den sie mit einprägsamen Kindheitserinnerungen verbanden, z. B.: „Erinnerung an einen Urlaub der Kinderzeit. Dort Gerüche des Frühstücksraumes, sowie Geschmack des Essens. Dieser Urlaub ist mit guter Erinnerung verbunden [...].“ Auch in der folgenden Beschreibung spielte ein Geruch aus der Kindheit eine bedeutende Rolle: „...Zeitweise ist es auch der Meeresgeruch, der mich sofort entspannen lässt. Ein Gefühl von Kindeserinnerung. Heimat.“ In dieser Beschreibung wird deutlich, dass die Erinnerung an den Kindheitsgeruch Wohlbefinden beim Träumenden auslöste.

Aus diversen Traumbeschreibungen ging deutlich hervor, dass der im Traum erlebte Geruch die gleiche intensive Empfindung hervorrief, wie bei seiner tatsächlicher Wahrnehmung: „Ich glaube, dass ich ganz intensiv eine Situation geträumt habe, in der ich meinen Freund gerochen habe. Da er in Boston lebt und der Traum hier war und ich keine Kleidung oder ähnliches von ihm im Bett hatte, kann es kein traumhaftes Verarbeiten eines wirklich vorhandenen Geruchs gewesen sein. Ich weiss noch lebhaft, dass ich kurz danach wach wurde, wie ich sogar im Traum gewusst habe, dass ich sowas noch nie geträumt hatte. Der Geruch war super intensiv, angenehm, vertraut und stark und fasst "greifbar". Ein unglaubliches Erlebnis. Das war so grob vor 6 Monaten.“ Auch in der folgenden Traumbeschreibung kommt zum Ausdruck, dass die Betroffene den Traumgeruch vergleichbar mit der realen Empfindung wahrgenommen hatte: „In der Vorweihnachtszeit, wenn Plätzchen gebacken wurden. Der

Geruch ist ganz stark nach Lebkuchengewürzen und der Geschmack von noch nicht gebackenem Teig ist ganz real.“

## 5.2 Bizarrheit der Geruchseindrücke

Obwohl die meisten der beschriebenen Gerüche ein Äquivalent zu typischen Alltagsgerüchen besaßen, traf dies nicht auf alle der genannten Geruchserlebnisse gleichermaßen zu: Im Gegensatz zu den beiden bislang veröffentlichten Studien zu diesem Thema berichteten in dieser Studie vier Probanden, dass sich der im Traum wahrgenommene Geruch deutlich von dem realen Gerucherleben unterschied. Sie beschrieben den im Traum empfundenen Geruch als anders als erwartet und nicht realistisch, z. B.: „Wenn ich während eines Traumes Geschmack empfunden habe, kann ich mich daran erinnern, dass der erfahrene Geschmack nichts mit dem zu tun hatte, was ich eigentlich im Mund hatte. Meistens erschreckte ich daraufhin.“ In einer weiteren Beschreibung führte der unrealistische Geruch sogar zum Aufwachen des Betroffenen: „Intensiv, meist unangenehm, sodass ich aufwache, nicht der Realität entsprechend.“ Eine Befragte beschrieb, dass sie im Traum eine Spinne gegessen hat. Sie merkte in ihrer schriftlichen Ausführung des Traumes an, sich noch immer an den merkwürdigen Geschmack zu erinnern, obwohl sie noch nie eine Spinne gegessen habe.

In den beiden vorherigen Studien waren die Beschreibungen der im Traum erlebten Gerüche immer in geruchlichen Situationen aufgetreten, die während des Wachseins auf gleiche Weise denkbar gewesen wären. Die Traumgerüche waren also niemals bizarr, da sie immer einen direkten Bezug zur Realität besaßen (STEVENSON & CASE 2005b; ARSHAMIAN 2007). Die Autoren folgerten, dass eine starre Assoziation zwischen dem Geruch und seiner abgespeicherten Eigenschaften verantwortlich für diese Beobachtung sein könnte. Sie nahmen aufgrund ihrer Beobachtung an, dass das Erleben bizarrer Gerüche im Traum generell nicht möglich sei. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse dieser Studie ist das Merkmal Bizarrheit jedoch nicht ausschließlich auf visuelle und auditorische Erlebnisse im Traum beschränkt. Strauch und Meier (2004) definierten bizarre Traum inhalte als „Elemente oder Ereignisse, die aus Sicht des Alltags außergewöhnlich sind, weil sie verändert oder unwahrscheinlich sind, weil sie soziale oder kulturelle Normen verletzen oder den physikalischen Gesetzmäßigkeiten widersprechen“. Da die vier Probanden betonten, dass die olfaktorische Empfindung im Traum vollkommen anders als erwartet und unrealistisch war, trifft das Merkmal Bizarrheit auch auf diese vier Geruchsträume zu.

Die Berichte über bizarre Gerüche im Träumen unterstreichen die Gemeinsamkeiten zwischen olfaktorischer und mentaler Vorstellung der anderen Sinnesmodalitäten. Kosslyn und

Kollegen (2001) postulierten, dass mentale Vorstellungen nicht ausschließlich durch das Abrufen abgespeicherter Sinneserfahrungen entstehen. Ebenso könnten mentale Vorstellungen auch auf neuem Wege, durch das Kombinieren und Modifizieren abgespeicherter Gedächtnisinhalte, entstehen (KOSSLYN ET AL 2001). In Anbetracht der Berichte über bizarre Gerüche im Traum müsste dieses Prinzip auch für die olfaktorische Imagination gelten.

### 5.3 Sind Traumgerüche sensorische Empfindungen?

Ein weiterer Diskussionspunkt dieser Forschungsarbeit betrifft die Frage, welche der konkurrierenden Theorien zu mentalen Vorstellungen durch die Traumberichte der Befragten unterstützt wird. Die beiden konkurrierenden Theorien sind die „*Perceptual Anticipation Theory*“ von Kosslyn und die „*Propositionalen Theorie*“ von Pylyshyn. Nach der „*Perceptual Anticipation Theory*“ werden mentale Vorstellungen hervorgerufen, wenn ein Objekt so sehr erwartet wird, dass eine wahrnehmungsgetreue Sinnesempfindung in primären Kortex-Arealen ausgelöst wird (KOSSLYN & THOMPSON 2001). Mentale Vorstellungen würden demnach einer Sinneserfahrung entsprechen, die mit der realen Empfindung eines äußeren Reizes vergleichbar ist. Im Falle der olfaktorischen Vorstellung könnten wir im übertragenden Sinne „mit einer inneren Nase riechen“ (KOSSLYN 2003). Im Gegensatz dazu entspricht eine mentale Vorstellung nach der „*Propositionalen Theorie*“ nicht einer sensorischen Empfindung. Nach dieser Theorie wird eine mentale Vorstellung durch das Abrufen von bedeutungsbezogenen Gedächtnisinhalten hervorgerufen. Die hervorgerufene Vorstellung wäre infolge dieser Annahme eine abstrakte Beschreibung der ursprünglichen Sinneswahrnehmung (PYLYSHYN 1981). Auch in der Forschung zu mentalen Geruchsvorstellungen entstand eine lebhafte Debatte darüber, welche dieser beiden Theorien auf die mentale Geruchsvorstellung übertragen werden kann (RINCK ET AL 2009, STEVENSON & CASE 2005a).

Die Ergebnisse der vorliegenden Forschungsarbeit unterstützen eine wahrnehmungsbasierte Wissensrepräsentation im Falle der olfaktorischen Vorstellung. Vor allem folgende Inhalte der Traumbeschreibungen sprechen dafür, dass der Mensch eine Geruchsvorstellung hervorrufen kann, die mit der Wahrnehmungserfahrung beim Riechen eines Duftes vergleichbar ist:

- Der Bericht über lebhafte Traumgerüche. Einige Befragte betonen, dass ihre Geruchsempfindungen im Traum ausgesprochen realitätsnah und lebhaft waren.
- Die Assoziation des im Traum erlebten Geruchs mit Begriffen, die eine starke emotionale Reaktion deutlich werden lassen. Vergleichbar mit der tatsächlichen Erfahrung beim

Riechen rufen die Empfindungen angenehme oder unangenehme Reaktionen beim Riechenden hervor.

- Die Verknüpfung spezifischer Gerüche mit Erinnerungen, die für den Betroffenen besonders einprägsam waren. Dazu zählen z. B. die Berichte über Kindheits-erinnerungen, in denen die Wahrnehmung eines bestimmten Geruchs eine wichtige Rolle spielte.

Die Berichte über bizarre Gerüche im Traum bedeuten keinen Widerspruch zu der „*Perceptual Anticipation Theory*“. Auch wenn die Betroffenen betonten, dass der im Traum erlebte Geruch ungewöhnlich oder unrealistisch war, ist auch in diesen Fällen eine sensorische Wahrnehmung anzunehmen. Die Angaben der Probanden weisen durch die Verwendung sensorischer Begriffe, wie beispielsweise „empfinden“, deutlich darauf hin. Das Erleben bizarrer Gerüche im Traum zeigt, dass Geruchsquelle und sensorische Wahrnehmung nicht als starre Verknüpfung im Gedächtnis abgespeichert sind. Wie im Falle der visuellen Vorstellung kann der Mensch wahrscheinlich auch eine mentale Geruchsvorstellung hervorzurufen, indem er Geruchsquelle und Geruchsempfindung neu kombiniert (KOSSLYN & THOMPSON 2001). Auch im Fall der visuellen mentalen Vorstellung können wir uns beispielsweise eine lilafarbene Katze vorstellen, auch wenn wir noch nie eine solche gesehen haben. Aufgrund der Erlebnisberichte über bizarre Traumgerüche kann der Mensch wahrscheinlich auch eine mentale Geruchsvorstellung hervorzurufen, indem er Geruchsquelle und Geruchsempfindung neu kombiniert.

Die Traumberichte der Befragten weisen auf die Ähnlichkeiten zwischen olfaktorischer Wahrnehmung und tatsächlicher Geruchswahrnehmung hin. Obwohl unsere Träume von visuellen und auditorischen Erfahrungen dominiert werden, bestätigen die Ergebnisse dieser Studie, dass olfaktorische Vorstellungen im Traum existieren. Nichtsdestotrotz birgt die Auswertung der Traumberichte auch methodische Fallstricke. Studien, in denen mithilfe eines Fragebogens die Selbsteinschätzung der Probanden gefordert wird, werden häufig als unzureichend für zuverlässige Schlussfolgerungen angesehen. Forschungsarbeiten über Traumberichte sind abhängig von der Ehrlichkeit und der Introspektionsfähigkeit der Probanden. Trotz dieser methodischen Einwände bekräftigt die Vielfältigkeit und große Anzahl der Traumberichte die Existenz unwillentlicher olfaktorischer Vorstellungen bei einem nicht unwesentlichen Anteil der Bevölkerung.

Die Entwicklung eines neuen Fragebogens erschien notwendig, damit die in der Öffentlichkeit angesprochenen Passanten den Fragebogen an Ort und Stelle beantworten konnten. Auf diese Weise wurde eine große Rücklaufquote erzielt. Trotzdem soll an dieser Stelle auch

ein wesentlicher Kritikpunkt an dem Fragebogen diskutiert werden. Die Befragten wurden in einer offenen Frage um die Beschreibung eines Riechtraums gebeten. Die Befragten formulierten die Traumbeschreibung teilweise sehr kurz. Wichtige Eigenschaften des Traumgeruchs blieben uns in vielen Fällen verborgen. Nur eine Minderheit der Befragten lieferte eine ausführliche Traumbeschreibung. Es wäre daher sinnvoll gewesen, diese Frage durch konkretere Einzelpunkte zu strukturieren. In einer zukünftigen Befragung wären folgende Einzelpunkte dieser Frage denkbar:

- Welche Gerüche bzw. welcher Geschmack wurde in dem Traum wahrgenommen?
- Welche Emotion(en) war(en) mit der Wahrnehmung des Geruchs verbunden?
- Handelte es sich bei dem Geruch/Geschmack um eine angenehme oder unangenehme Empfindung?
- Haben Sie den Geruch/Geschmack im Traum mit einer einprägsamen Erinnerung assoziiert?
- Entsprach der Traumgeruch einer realen Geruchsempfindung?

Neben der Berücksichtigung dieses Kritikpunkts könnten zukünftige Studien durch die Verwendung eines etablierten Fragebogens, der die subjektive Wichtigkeit des Riechens erfasst, profitieren. Als mögliche Fragebögen kämen beispielsweise der „*Impact of Odor scale*“ (WRZESNIEWSKI ET AL 1999) oder „*Importance of Olfaction Questionnaire*“ (CROY ET AL 2009) in Frage. Ein geeigneter Fragebogen für die Einschätzung der Lebendigkeit der mentalen Geruchsvorstellungen wäre der „*Vividness of Olfactory Imagery Questionnaire*“ (GILBERT ET AL 1998).

## 5.4 Unterschiede der Riechfunktion

In Übereinstimmung mit den beiden bereits veröffentlichten Studien von Stevenson & Case (2005b) und Arshamian (2007) konnten wir nachweisen, dass Traumriecher dem Riechen einen höheren Stellenwert im Alltagsleben einräumen als NTR. Traumriecher erzielten im Punktwert Olfaktorisches Interesse des Fragebogens höhere Punktwerte als NTR. Im zweiten Teil der Studie konnten wir außerdem Unterschiede in der Riechfunktion zwischen einer Gruppe von Traumriechern und einer Gruppe von NTR nachweisen. Die Unterschiede der Riechfunktion, die mithilfe der „Sniffin´ Sticks“-Testbatterie ermittelt wurden, betraf jedoch nicht alle drei Subtests dieses Geruchstests gleichermaßen. Eine bessere Riechleistung wurde nur in der Diskriminationsaufgabe und der Identifikationsaufgabe der „Sniffin´ Sticks“ festgestellt, nicht in der Schwellenbestimmung. Dieses Ergebnis spricht dafür, dass Traumriecher Geruchsreize auf andere Weise verarbeiten als NTR. Es kann vermutet werden, dass Traumriecher besser ausgebildete sekundäre Geruchszentren besitzen und deshalb häufiger Gerüche im Traum erleben. Auch eine weitere Erklärung könnte für das bessere Abschnei-

den der Traumriecher in der Identifikations- und der Diskriminationsaufgabe sprechen: Traumriecher könnten aufgrund eines größeren Interesses an Gerüchen eine stärkere Motivation für ein gutes Ergebnis bei der Geruchstestung aufgewiesen haben. Diese stärkere Motivation würde sich erwartungsgemäß vor allem in Geruchstestungen widerspiegeln, die mit der kognitiven Verarbeitung in sekundären Geruchszentren assoziiert sind.

Beide Vermutungen werden durch neueste Forschungsergebnisse unterstützt. Wahrscheinlich erfassen die drei Subtests der „Sniffin´ Sticks“ nicht nur die Integrität der olfaktorischen Wahrnehmung (LÖTSCH ET AL 2008). Hedner und Kollegen (2010) wiesen nach, dass sowohl Diskriminations- als auch Identifikationsfähigkeit von Gerüchen eng im Zusammenhang mit höheren kognitiven Fähigkeiten stehen. Dazu zählt vor allem semantisches Wissen wie beispielsweise Flüssiges Buchstabieren, Allgemeinwissen und Wortschatz. Der wichtige Einfluss semantischer Faktoren bei der Identifikation von Gerüchen war bereits in älteren Studien offensichtlich (z. B. LARSSON ET AL 2004). Im Gegensatz dazu überprüft die Schwellenbestimmung eher wahrnehmende Strukturen des Geruchsinns auf niedriger Stufe der kognitiven Verarbeitung. Beispielsweise konnte experimentell nachgewiesen werden, dass sich die Riechfunktion bei Patienten mit Septumdeviation nur auf einen Anstieg der Geruchsschwelle auswirkte und nicht auf die Wahrnehmung überschwelliger Duftreize (PFAAR ET AL 2004). Zudem stützt ein weiteres Ergebnis die Annahme einer differenzierteren kognitiven Verarbeitung von Gerüchen bei Traumriechern: Traumriecher erzielten bessere Ergebnisse im Punktwert Olfaktorisches Interesse als NTR. Demnach finden Traumriecher im Besonderen Gefallen an der Wahrnehmung von Düften. Die vermehrte Aufmerksamkeit gegenüber Gerüchen könnte in einer differenzierteren Ausbildung sekundärer Geruchszentren resultieren.

In zusammenfassender Beurteilung oben genannter Diskussionspunkte unterstreichen die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit die Existenz von Geruchsträumen. Mithilfe einer umfangreichen Stichprobe in Studie 1 wurden die Erkenntnisse über Geruchsträume vorheriger Studien bestätigt und erweitert (STEVENSON & CASE 2005b; ARSHAMIAN 2007). Die von den Befragten berichteten Geruchseindrücke im Traum wiesen viele Ähnlichkeiten zu real wahrgenommenen Gerüchen auf. Diese Beobachtung unterstützt die Theorie einer empfindungsnahen Geruchsvorstellung. In Bezug auf das Olfaktorische Interesse konnte nachgewiesen werden, dass Traumriecher dem Riechen insgesamt einen größeren Stellenwert im Alltagsleben einräumen als NTR. Die Ergebnisse der Studie 2 lassen darüber hinaus eine bessere Riechfunktion der Probanden in Geruchstestungen vermuten, die mit einer höheren Stufe der kognitiven Verarbeitung von Gerüchen assoziiert sind.

## **6 Zusammenfassung**

### **6.1 Hintergrund und Ziele**

Ob Menschen die Fähigkeit besitzen, sich einen Duftstoff mental vorzustellen – das bedeutet, einen Geruch zu empfinden, ohne dass ein externer Stimulus vorhanden ist – wird in der Forschungsgemeinde kontrovers diskutiert.

Die meisten Studien zu diesem Thema beschränkten sich bislang auf die Untersuchung willentlich hervorgerufener Geruchsvorstellungen oder berichteten über olfaktorische Halluzinationen im Rahmen von Krankheiten. Die vorliegende Forschungsarbeit konzentriert sich im Gegensatz dazu auf mentale Geruchsvorstellungen, die unwillentlich während des Träumens auftreten. Grundlegende Annahme dieser Forschungsarbeit ist, dass die Berichte über Geruchsträume die Existenz mentaler Geruchsvorstellungen unterstützen. Bislang wurden nur zwei Forschungsarbeiten zu dem Thema Geruchsträume veröffentlicht. Im Rahmen dieser Arbeit sollten die Erkenntnisse zu Geruchsträumen erweitert und die vorliegenden Testergebnisse überprüft werden.

Anders als in den beiden vorangegangenen Studien wurde die Stichprobengröße in Studie 1 der vorliegenden Arbeit erheblich erweitert und ein größerer Anteil von Probanden höheren Alters miteinbezogen. Wir entwarfen einen neuen Fragebogen und untersuchten die Berichte über Geruchsträume in Bezug auf spezielle Eigenschaften, wie beispielsweise den Aspekt bizarrer Geruchseindrücke, die bisher noch nicht in der Literatur beschrieben worden sind. Besonderes Interesse galt der Frage, ob die Beschreibungen der Befragten für eine empfindungsnahe Geruchsvorstellung – als könnten wir mit einer mentalen Nase riechen – sprechen würden. Außerdem sollte mithilfe des Fragebogens festgestellt werden, ob Traumriecher dem Riechen im Alltag insgesamt einen höheren Stellenwert einräumen als Nicht-Traumriecher (= NTR).

Im zweiten Teil der Forschungsarbeit (Studie 2) wurde die Riechfunktion zwischen einer Gruppe von Traumriechern und einer Gruppe von Probanden verglichen, die sich nach eigener Aussage nicht an einen Geruchstraum erinnern konnten. Neben Geruchstestungen mit Identifikationsaufgaben und einer Schwellenbestimmung nahmen die Probanden an einem Diskriminationstest für Gerüche teil, der in den beiden vorliegenden Studien nicht eingesetzt worden war. Es wurde angenommen, dass die Gruppe der Traumriecher in den Geruchstestungen bessere Ergebnisse erzielen würde als die Kontrollgruppe.

## 6.2 Material und Methoden

In Studie 1 wurde ein neu entwickelter Fragebogen an 736 Probanden verteilt. Die Probanden wurden an öffentlichen Plätzen, wie beispielsweise dem Deutschen Hygienemuseum in Dresden oder der Technischen Universität in Dresden, verteilt. Vierzig Fragebögen wurden aufgrund ungültiger Antworten aus der Bewertung ausgeschlossen. Der Fragebogen gliederte sich in zwei Abschnitte. Im ersten Abschnitt wurden Fragen zum generellen Traumerleben und zu Geruchsträumen gestellt. In einer offenen Frage wurden die Befragten gebeten, einen „Riechtraum“ oder „Schmecktraum“ zu beschreiben. Die „Schmeckträume“ wurden bei der Auswertung auf olfaktorische Inhalte – d. h. auf die Wahrnehmung von Aromen – geprüft, um sie ggf. als Geruchsträume zu werten. Im zweiten Abschnitt wurden Fragen zur individuellen Wertschätzung des Riechens gestellt. Für die Beantwortung stand den Befragten eine vierstufige Schätzskala zu Verfügung. Die Antworten wurden zu einem Gesamtwert (Punktwert Olfaktorisches Interesse) zusammengefasst, der den individuellen Stellenwert des Riechens repräsentierte.

In Studie 2 wurden 20 Traumriecher und 21 NTR anhand des standardisierten Geruchstests der „Sniffin´ Sticks“-Testbatterie getestet. Der Geruchstest, der im klinischen Alltag und in der Forschung häufig verwendet wird, erfasst drei verschiedene Aspekte der Geruchswahrnehmung. Er beinhaltet eine Schwellenbestimmung für den Geruchsstoff Phenylethanol, einen Diskriminationstest sowie eine Identifikationsaufgabe für Gerüche. Die Summe der Einzelergebnisse wird durch den SDI-Wert zusammengefasst.

## 6.3 Ergebnisse

### Studie 1

- Insgesamt 174 Befragte (25%) berichteten, dass sie sich an Geruchsträume erinnerten. Zehn der Traumriecher hatten einen „Schmecktraum“ beschrieben, der aufgrund der Wahrnehmung eines spezifischen Aromas als Geruchstraum gewertet wurde.
- Es zeigten sich keine Geschlechterunterschiede in Bezug auf die Fähigkeit, sich an einen Geruchstraum zu erinnern. In der Befragung zeigte sich ein geringfügiger Altersunterschied zwischen der Gruppe der Traumriecher und der Gruppe der NTR.
- Die Befragten schilderten insgesamt 136 Geruchseindrücke, die im Wesentlichen einen Ausschnitt der Gerüche widerspiegeln, die uns im Alltag begegnen. Eine Ausnahme hiervon waren vier Berichte über bizarre Geruchseindrücke im Traum.

- Die Gruppe der Traumriecher interessierte sich deutlich mehr für die Wahrnehmung von Gerüchen, was sich in einem höheren Punktwert Olfaktorisches Interesse des Fragebogens zeigte.

## Studie 2

Die Gruppe der Traumriecher erzielte in den Geruchstestung mit den „Sniffin´ Sticks“ bessere Ergebnisse in der Diskriminationstestung und in der Identifikationsaufgabe. Es zeigte sich kein Unterschied der Riechleistung in der Schwellenbestimmung.

## 6.4 Schlussfolgerungen

In zusammenfassender Beurteilung unterstreichen die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit die Existenz von mentalen Geruchsvorstellungen im Traum. Mithilfe einer umfangreichen Stichprobe in Studie 1 wurden die Erkenntnisse über Geruchsträume vorheriger Studien bestätigt und erweitert.

Die von den Befragten berichteten Geruchseindrücke im Traum wiesen viele Ähnlichkeiten zu real wahrgenommenen Gerüchen auf. Dies spiegelte sich beispielsweise in den mit den Gerüchen assoziierten Gefühlen wider. Diese Beobachtung unterstützt die Theorie einer empfindungsnahen Geruchsvorstellung. Eine neue Beobachtung betraf die Berichte über bizarre Geruchseindrücke im Traum. Das Erleben von bizarren Geruchseindrücken weist auf die Ähnlichkeit zu den mentalen Vorstellungen anderer Sinnesmodalitäten hin. Demnach sind wir auch im Falle der Geruchsvorstellung in der Lage, mentale Gerüche durch das Kombinieren und Modifizieren abgespeicherter Gedächtnisinhalte hervorzurufen.

In Bezug auf das Olfaktorische Interesse konnte nachgewiesen werden, dass Traumriecher dem Riechen insgesamt einen größeren Stellenwert im Alltagsleben einräumen als NTR. Die Ergebnisse der Studie 2 lassen darüber hinaus eine bessere Riechfunktion der Probanden in Geruchstestungen vermuten, die mit einer höheren Stufe der kognitiven Verarbeitung von Gerüchen assoziiert sind.

## **Literaturverzeichnis**

- ACHARYA V, ACHARYA J, LUDERS H (1998). Olfactory epileptic auras. *Neurology*, 51, 56-61.
- ALGOM D & CAIN WS (1991) Remembered odors and mental mixtures: tapping reservoirs of olfactory knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 17, 1104-1119.
- ANDERSON JR (2007) *Kognitive Psychologie*. Deutsche Ausgabe, Herausgeber J. Funke, 6. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag (Springer), Berlin, Deutschland.
- ARSHAMIAN A (2007) Olfactory dreams, olfactory interest, and imagery: Relationships to olfactory memory. Bachelor thesis, Stockholm University, Faculty of Social Sciences, Department of Psychology (<http://su.diva-portal.org/smash/record.jsf?searchId=2&pid=diva2:196781>)
- ARSHAMIAN A, OLOFSSON JK, JÖNSSON FU, LARSSON M (2008) Sniff Your Way to Clarity: The Case of Olfactory Imagery. *Chemosensory Perception*, 1, 184-189.
- ASHTON R & WHITE KD (1980) Sex differences in imagery vividness: An artefact of the test. *British Journal of Psychology*, 71, 35-38.
- BENSAFI M, PORTER J, POULIOT S, MAINLAND J, JOHNSON B, ZELANO C, YOUNG N, BREMNER E, AFRAMIAN D, KHAN R, SOBEL N (2003) Olfactomotor activity during imagery mimics that during perception. *Nature Neuroscience*, 6, 1142-1144.
- BENSAFI M, POULIOT S, SOBEL N (2005) Odorant-specific patterns of sniffing during imagery distinguish 'bad' and 'good' olfactory imagers. *Chemical Senses*, 30, 521-529.
- BENSAFI M, SOBEL N, KHAN RM (2007) Hedonic-specific activity in piriform cortex during odor imagery mimics that during odor perception. *Journal of Neurophysiology*, 98, 3254-3262.
- BETTS GH (1909) *The distribution and functions of mental imagery*. Teachers College Press, Columbia University, New York, USA.
- BORBÉLY A (1984) Schlafgewohnheiten, Schlafqualitäten und Schlafmittelkonsum der Schweizer Bevölkerung. Ergebnisse einer Repräsentativumfrage. *Schweizerische Ärztezeitung*, 65, 1606-1613.
- BROWER D (1947a) The experimental study of imagery: I. The relation of imagery to intelligence. *Journal of General Psychology*, 36, 229-231.

- BROWER D (1947b) The experimental study of imagery: II. The relative predominance of various imagery modalities. *Journal of General Psychology*, 37, 199-200.
- CALKINS MW (1893) Statistics of dreams. *American Journal of Psychology*, 5, 311-343.
- CHEN C, SHIH YH, YEN DJ, LIRNG JF, GUO YC, YIU HY (2003) Olfactory auras in patients with temporal lobe epilepsy. *Epilepsia*, 44, 257–260.
- CROSLEY CJ & DHAMOON S (1983) Migrainous olfactory aura in a family. *Archives of Neurology*, 40, 459.
- CROY I, BUSCHHÜTER D, SEO HS, NEGOIAS S, HUMMEL T (2009) Individual significance of olfaction: development of a questionnaire. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 267, 67–71.
- DJORDJEVIC J, ZATORRE RJ, JONES-GOTMAN M (2004a) Effects of perceived and imagined odors on taste detection. *Chemical Senses*, 29, 199-208.
- DJORDJEVIC J, ZATORRE RJ, PETRIDES M, JONES-GOTMAN M (2004b) The mind's nose: Effects of odor and visual imagery on odor detection. *Psychological Science*, 15, 143-148.
- DJORDJEVIC J, ZATORRE RJ, PETRIDES M, BOYLE JA, JONES-GOTMAN M (2005) Functional neuroimaging of odor imagery. *Neuroimagery*, 24, 791-801.
- FRASNELLI J, LANDIS BN, HEILMANN S, HAUSWALD B, HÜTTENBRINK KB, LACROIX JS, LEOPOLD DA, HUMMEL T (2004) Clinical presentation of qualitative olfactory dysfunction. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 261, 411-415.
- FREUD S (1961) (Original erschienen 1900) *Die Traumdeutung*. Fischer Verlag, Frankfurt, Deutschland.
- FULLER GN & GUILOFF RJ (1987) Migrainous olfactory hallucinations. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 50, 1688-1690.
- GATTAZ WF & HAAS S (1982) Eigengeruchshalluzinose und die Geruchstrugwahrnehmungen bei endogenen Psychosen. *Fortschritte der Neurologie Psychiatrie*, 50, 67-72.
- GILBERT AN, CROUCH M, KEMP SE (1998) Olfactory and visual mental imagery. *Journal of Mental Imagery*, 22, 137-146.
- GONZALEZ J, BARROS-LOSCERTALES A, PULVERMULLER F, MESEGUER V, SANJUAN A, BELLOCH V, AVILA C (2006) Reading cinnamon activates olfactory brain regions. *Neuroimage*, 32, 906–912.

- HATT H (2005) Allgemeine und spezielle Sinnesphysiologie. In: Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie. Schmid RF, Lang F, Thews G, 29. Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg, Deutschland.
- HEDNER M, LARSSON M, ARNOLD N, ZUCCO GM, HUMMEL T (2010) Cognitive factors in odor detection, odor discrimination, and odor identification tasks. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* (in press).
- HENKIN RI & LEVY LM (2002) Functional MRI of congenital hyposmia: brain activation to odors and imagination of odors and tastes. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 26, 39-61.
- HERZ RS & ENGEN T (1996) Odor memory: Review and analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3, 300-313.
- HERZ RS (2000) Verbal coding in olfactory versus nonolfactory cognition. *Memory & Cognition*, 28, 957-964.
- HERZ RS & INZLICHT M (2002) Gender differences in response to physical and social signals involved in human mate selection: The importance of smell for women. *Evolution and Human Behavior*, 23, 359-364.
- HUMMEL T, SEKINGER B, WOLF SR, PAULI E, KOBAL G (1997) "Sniffin' Sticks": olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold. *Chemical Senses*, 22, 39-52.
- HUMMEL T, KOBAL G, GUDZIOL H, MACKAY-SIM A (2007) Normative data for the "Sniffin' Sticks" including tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds: an upgrade based on a group of more than 3,000 subjects. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 264, 237-243.
- HUROVITZ CS, DUNN S, DOMHOFF GW, FISS H (1999) The dreams of blind men and women: A replication and extension of previous findings. *Dreaming*, 9, 183-193.
- KLEEMANN AM, KOPIETZ R, ALBRECHT J, SCHÖPF V, POLLATOS O, SCHREDER T, MAY J, LINN J, BRÜCKMANN H, WIESMANN M (2009) Investigation of breathing parameters during odor perception and olfactory imagery. *Chemical Senses*, 34, 1-9.
- KOBAL G, HUMMEL T, SEKINGER B, BARZ S, ROSCHER S, WOLF S (1996) "Sniffin' Sticks": screening of olfactory performance. *Rhinology*, 34, 222-226.

- KOBAL G, KLIMEK L, WOLFENSBERGER M, GUDZIOL H, TEMMEL A, OWEN CM, SEEBER H, PAULI E, HUMMEL T (2000) Multicenter investigation of 1,036 subjects using a standardized method for the assessment of olfactory function combining tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 257, 205–211.
- KOSSLYN SM (1980) *Image and Mind*. Harvard University Press, Cambridge, USA.
- KOSSLYN SM, GANIS G, THOMPSON WL (2001) Neural foundations of imagery. *Nature reviews Neuroscience*, 2, 635-642.
- KOSSLYN SM (2003) Understanding the mind's eye...and nose. *Nature Neuroscience*, 6, 1124-1125.
- LAENG B & TEODORESCU DS (2002) Eye scanpaths during visual imagery reenact those of perception of the same visual scene. *Cognitive Science*, 26, 207-231.
- LARSSON M, NILSSON L, OLOFSSON JK, NORDIN S (2004) Demographic and cognitive predictors of cued odor identification: Evidence from a population-based study. *Chemical Senses*, 29, 547–554.
- LLEDO PM, GHEUSI G, VINCENT JD (2005) Information processing in the mammalian olfactory system. *Physiological Reviews*, 85, 281–317.
- LEVY LM, HENKIN RI, LIN CS, HUTTER A, SCHELLINGER D (1999) Odor memory induces brain activation as measured by functional MRI. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 23, 487-498.
- LINDAUER MS (1969) Imagery and sensory modality. *Perceptual & Motor Skills*, 29, 203-215.
- LLEDO PM, GHEUSI G, VINCENT JD (2005) Information processing in the mammalian olfactory system. *Physiological Reviews*, 85, 281-317.
- LÖTSCH J, REICHMANN H, HUMMEL T (2008) Different odor tests contribute differently to the evaluation of olfactory loss. *Chemical Senses*, 33, 17-21.
- LYMAN BJ, MCDANIEL MA (1990) Memory for odors and odor names: Modalities of elaboration and imagery. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 16, 656 -664.
- MARKS DF (1973). Visual imagery differences in the recall of pictures. *British Journal of Psychology*, 64, 17-24.

- MCCARLEY RW & HOFFMAN E (1981) REM sleep dreams and the activation-synthesis hypothesis. *The American Journal of Psychiatry*, 138, 904-912.
- OHAYON MM (2000) Prevalence of hallucinations and their pathological associations in the general population. *Psychiatry Research*, 97, 153-164.
- PFAAR O, HÜTTENBRINK KB, HUMMEL T (2004) Assessment of olfactory function after septoplasty: A longitudinal study. *Rhinology*, 42, 195–199.
- PROUST M (1919) *Du côté de chez Swann*. Éditions Gallimard, Paris, France.
- PRYSE-PHILLIPS W (1975) Disturbance in the sense of smell in psychiatric patients. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 68, 472-474.
- PRYSE-PHILLIPS W (1971) An olfactory reference syndrome. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 47, 484-509.
- PYLYSHYN ZW (1981) The imagery debate: Analogue media versus tacit knowledge. *Psychological Review*, 88, 16-45.
- RINCK F, ROUBY C, BENSAFI M (2009) Which format for odor images? *Chemical Senses*, 34, 11-13.
- SHEEHAN PW (1967) A shortened form of Betts' Questionnaire upon mental imagery. *Journal of Clinical Psychology*, 23, 386-389.
- SKINNER BF (1977) Why I am not a cognitive psychologist. *Behaviorism*, 5, 1–10.
- SKRAMLIK E (1926) *Handbuch der Physiologie der niederen Sinne Band 1: Die Physiologie des Geruchs- und Geschmackssinnes*. Thieme Verlag, Leipzig, Deutschland.
- SOBEL N, PRABHAKARAN V, DESMOND JE, GLOVER GH, GOODE RL, SULLIVAN EV, GABRIELLI JDE (1998) Sniffing and smelling: separate subsystems in the human olfactory cortex. *Nature*, 392, 282– 286.
- STEVENSON RJ & CASE TI (2005a) Olfactory imagery: a review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 244-264.
- STEVENSON RJ & CASE TI (2005b) Olfactory dreams: Phenomenology, relationship to volitional imagery and odor identification. *Imagination, Cognition and Personality*, 24, 69-90.
- STRAUCH I & MEIER B (2004) *Den Träumen auf der Spur. Zugang zur modernen Traumforschung*. Zweite Auflage, Verlag Hans Huber, Bern, Schweiz.

- TEMMELE AF, QUINT C, SCHICKINGER-FISCHER B, KLIMEK L, STOLLER E, HUMMEL T (2002) Characteristics of olfactory disorders in relation to major causes of olfactory loss. *Archives of Otolaryngology – Head & Neck Surgery*, 128, 635-641.
- WILLANDER J & LARSSON M (2007) Olfaction and emotion: The case of autobiographical memory. *Memory & Cognition*, 35, 1659-1663.
- WILLANDER J (2007) *Autobiographical odor memory*. Doctoral thesis, Stockholm University, Faculty of Social Sciences, Department of Psychology. <http://su.diva-portal.org/smash/record.jsf?searchId=1&pid=diva2:197780>
- WOLBERG FL & ZIEGLER DK (1982) Olfactory hallucination in migraine. *Archives of Neurology*, 39, 382.
- WRZESNIEWSKI A, MCCAULEY C, ROZIN P (1999) Odor and affect: individual differences in the impact of odor on liking for places, things and people. *Chemical Senses*, 24, 713-721.
- ZADRA AL, NIELSEN TA, DONDE RI DC (1998) Prevalence of auditory, olfactory, and gustatory experiences in home dreams. *Perceptual and Motor Skills*, 87, 819-826.

**Anhang**

| Seite 1   |  |  |
|---|--|--|
| Name in Druckbuchstaben:  |  |  |
| Tel.-Nummer:  |  |  |
| email:  |  |  |
| Alter:  |  |  |
| männlich <input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/>   |  |  |
| Ihre persönlichen Daten werden selbstverständlich vertraulich behandelt und nur zu wissenschaftlichen Zwecken ausgewertet. Wir benötigen Ihre Kontaktdaten, um Sie bei Rücksprache evtl. noch einmal zu kontaktieren. |  |  |
| Bitte kreuzen Sie immer nur eine Antwort an.  |  |  |
| 1   | Können Sie sich an Ihre Träume erinnern ?  | <input type="checkbox"/> ja, immer<br><input type="checkbox"/> ja, meistens<br><input type="checkbox"/> ja, manchmal<br><input type="checkbox"/> nein, nie |
| 2   | Wie häufig träumen Sie ?   | <input type="checkbox"/> jede Nacht<br><input type="checkbox"/> oft<br><input type="checkbox"/> selten<br><input type="checkbox"/> nie                     |
| 3   | Können Sie sich erinnern, schon einmal während eines Traumes etwas beim Essen/Trinken geschmeckt zu haben? | <input type="checkbox"/> ja, immer<br><input type="checkbox"/> ja, meistens<br><input type="checkbox"/> ja, manchmal<br><input type="checkbox"/> nein, nie |
| 4   | Können Sie sich erinnern, schon einmal während eines Traumes etwas gerochen zu haben?                      | <input type="checkbox"/> ja, immer<br><input type="checkbox"/> ja, meistens<br><input type="checkbox"/> ja, manchmal<br><input type="checkbox"/> nein, nie |
| 5   | Bitte beschreiben Sie kurz Ihren Riech- bzw. Schmecktraum:   |  |

Seite 2

|    |  |   |
|----|--|---|
| 6  | Stellen Sie sich vor, jemand möchte Sie mit dem Auto mitnehmen, das aber einen unangenehmen Geruch hat. Können Sie sich vorstellen, dass Sie wieder aus dem Auto aussteigen?   | <input type="checkbox"/> auf jeden Fall<br><input type="checkbox"/> vielleicht<br><input type="checkbox"/> eher nicht<br><input type="checkbox"/> nein  |
| 7  | Stellen Sie sich vor, eine Person vor Ihnen im Bus riecht unangenehm. Wie reagieren Sie?   | <input type="checkbox"/> Sie steigen aus dem Bus aus.<br><input type="checkbox"/> Sie wechseln den Platz.<br><input type="checkbox"/> Sie öffnen das Fenster.<br><input type="checkbox"/> Sie bleiben sitzen. |
| 8  | Sie erkennen das Parfum einer Ihnen nahestehenden Person wieder.   | <input type="checkbox"/> trifft vollkommen zu<br><input type="checkbox"/> trifft überwiegend zu<br><input type="checkbox"/> trifft eher nicht zu<br><input type="checkbox"/> trifft überhaupt nicht zu        |
| 9  | Riechen Sie an der Wäsche, bevor Sie sie anziehen?   | <input type="checkbox"/> ja, immer<br><input type="checkbox"/> ja, meistens<br><input type="checkbox"/> ja, manchmal<br><input type="checkbox"/> nein, nie  |
| 10 | Ein unangenehmer Geruch hat eine Auswirkung auf Ihre Stimmung.   | <input type="checkbox"/> trifft immer zu<br><input type="checkbox"/> trifft überwiegend zu<br><input type="checkbox"/> trifft eher nicht zu<br><input type="checkbox"/> trifft überhaupt nicht zu             |
| 11 | Fallen Ihnen verdorbene Lebensmittel aufgrund des Geruchs schon beim Öffnen des Kühlschranks auf?  | <input type="checkbox"/> ja, immer<br><input type="checkbox"/> ja, meistens<br><input type="checkbox"/> ja, manchmal<br><input type="checkbox"/> nein, nie  |
| 12 | Stellen Sie sich vor, Sie könnten plötzlich nicht mehr riechen. Wie stark fühlen Sie sich beeinträchtigt?  | <input type="checkbox"/> sehr stark<br><input type="checkbox"/> stark<br><input type="checkbox"/> wenig<br><input type="checkbox"/> gar nicht   |
| 13 | Gibt es Gerüche, die für Sie sehr unangenehm sind, da Sie den Geruch mit einer unangenehmen Situation in Verbindung bringen (z.B. Zahnarztbesuch)?                             | <input type="checkbox"/> sehr viele<br><input type="checkbox"/> viele<br><input type="checkbox"/> wenige<br><input type="checkbox"/> keine  |
| 14 | Ihr Kleiderschrank hat einen typischen Geruch, den Sie sich jetzt vergegenwärtigen können.   | <input type="checkbox"/> trifft vollkommen zu<br><input type="checkbox"/> trifft überwiegend zu<br><input type="checkbox"/> trifft eher nicht zu<br><input type="checkbox"/> trifft überhaupt nicht zu        |
| 15 | Sie können sich vorstellen, wie alte Bücher riechen.   | <input type="checkbox"/> trifft vollkommen zu<br><input type="checkbox"/> trifft überwiegend zu<br><input type="checkbox"/> trifft eher nicht zu<br><input type="checkbox"/> trifft überhaupt nicht zu        |
| 16 | Sie können sich an einen typischen Geruch aus Ihrer Kindheit erinnern.   | <input type="checkbox"/> trifft vollkommen zu<br><input type="checkbox"/> trifft überwiegend zu<br><input type="checkbox"/> trifft eher nicht zu<br><input type="checkbox"/> trifft überhaupt nicht zu        |
| 17 | In einer Parfümerie wird angeboten, sich ein Parfum/ Eau de Toilette selbstständig mit unterschiedlichen Duftessenzen zusammenzustellen. Würden Sie dieses Angebot wahrnehmen? | <input type="checkbox"/> auf jeden Fall<br><input type="checkbox"/> vielleicht<br><input type="checkbox"/> eher nicht<br><input type="checkbox"/> nein  |

## **Danksagung**

## **Erklärungen des Bewerbers**

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst habe und andere als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen nicht benutzt wurden.

Die Dissertation wurde an der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus der Technischen Universität Dresden unter der wissenschaftlichen Betreuung von Prof. Dr. med. Thomas Hummel angefertigt.

Die Dissertation wurde in dieser oder ähnlicher Form an keiner anderen Stelle zum Zweck eines Promotions- oder anderen Prüfungsverfahrens eingereicht. Die Antragstellung auf Eröffnung des Promotionsverfahrens ist ausschließlich bei der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus erfolgt.

Es haben bisher keine erfolglosen Promotionsversuche stattgefunden.

Dresden, 2010

---

Heike Weitz

## Thesen

1. Ein Teil der normalen Bevölkerung kann sich an Träume mit Geruchsempfindungen erinnern.
2. Die Berichte über Geruchsträume unterstützen die Annahme, dass Menschen mentale Geruchsvorstellungen hervorrufen können.
3. Die Traumbeschreibungen der Befragten sprechen für eine empfindungsnahe Geruchsvorstellung, wie sie im Fall der „*Perceptual Anticipation Theory*“ für die anderen Sinnesmodalitäten vorgeschlagen wurde.
4. Die im Traum erlebten Gerüche haben viele Gemeinsamkeiten mit real wahrgenommenen Gerüchen und spiegeln einen Ausschnitt der Gerüche wider, die uns im Alltag begegnen.
5. Die Geruchsempfindungen im Traum können lebhaftere Emotionen hervorrufen.
6. Die Geruchsempfindungen im Traum werden teilweise mit weit zurückliegenden Erinnerungen (z. B. an die Kindheit) assoziiert.
7. Bizarre Geruchsvorstellungen werden nicht ausschließlich im Rahmen von Krankheiten wahrgenommen, sondern können auch im Traum erlebt werden.
8. Traumriecher räumen dem Riechen im Alltag einen größeren Stellenwert ein als Menschen, die sich nicht an einen Geruchstraum erinnern können. Traumriecher erzielen deshalb im Vergleich zu Nicht-Traumriechern (= NTR) höhere Gesamtwerte (Punktwert Olfaktorisches Interesse) im Fragebogens von Studie 1.
9. Traumriecher erzielen in Geruchstestungen, die mit höheren kognitiven Verarbeitungszentren des Gehirns assoziiert sind, bessere Ergebnisse als NTR.
10. Die Ergebnisse der Geruchstestungen unterstreichen eine differenziertere kognitive Verarbeitung von Geruchsreizen bei Traumriechern.