

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

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



Elementare und konfigurale Geruchswahrnehmung bei Menschen mit Erkrankungen aus dem autistischen Formenkreis

Dissertationsschrift

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin

Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät Carl Gustav Carus

der Technischen Universität Dresden

von

Kathleen Pflug

aus

Belzig (jetzt Bad Belzig)

Dresden 2016

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der mündlichen Prüfung:

gez. : _____

Vorsitzender der Prüfungskommission

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
1 Einleitung.....	1
1.1 Konfigurale und elementare Geruchswahrnehmung.....	2
1.2 Autismus – Einführung	3
1.2.1 Diagnosekategorien (ICD-10/DSM-V)	3
1.2.1.1 Frühkindlicher Autismus.....	4
1.2.1.2 Asperger-Syndrom.....	5
1.2.2 Elementare und konfigurale Wahrnehmung bei Autismus.....	6
1.3 Der Geruchssinn	7
1.3.1 Aufbau des Riechepithels	7
1.3.2 Periphere und zentrale Verarbeitung	8
1.4 Aktuelle Forschungslage zur olfaktorischen Wahrnehmung bei Autismus	9
1.5 Ziel der Arbeit und Hypothesen	12
2 Material und Methoden	16
2.1 Allgemeines zur Studie	16
2.2 Probanden	16
2.2.1 Identifikationstest mit Sniffin' Sticks	17
2.2.2 Selbstfragebögen	17
2.2.2.1 Probanden mit einer Autismus-Spektrum-Störung	18
2.2.2.2 Kontrollprobanden	19
2.3 Komponenten und deren Modifikation.....	20
2.3.1 Komponenten und Mischungen für die konfigurale Geruchswahrnehmung.....	20
2.3.2 Komponenten und Mischungen für die elementare Geruchswahrnehmung	22
2.4 Experimentelles Design	23
2.4.1 Versuchsablauf.....	23
2.4.2 Navon-Test.....	24
2.4.3 Mosaik-Test.....	26
2.4.4 Grundsätzliches zur konfiguralen und elementaren Testung.....	27
2.4.4.1 Konfigurale Testung.....	28
2.4.4.2 Elementare Testung.....	29
2.5 Auswertung	30
3 Ergebnisse.....	31

3.1	Konfigurale Geruchswahrnehmung	31
3.1.1	Ananas-Typizität.....	31
3.1.2	Grenadine-Typizität	32
3.1.3	Komplexitätsbewertung	34
3.2	Elementare Geruchswahrnehmung.....	35
3.2.1	Training	35
3.2.2	Treffer.....	36
3.2.3	Fehlalarm-Rate.....	37
3.3	Navon-Test	39
3.4	Mosaik-Test	41
3.5	Lokale Fähigkeiten zwischen Probanden mit HFA und Asperger-Syndrom	41
3.5.1	Navon-Test.....	41
3.5.2	Mosaik-Test.....	44
4	Diskussion.....	45
4.1	Konfigurale Geruchswahrnehmung	46
4.1.1	Theorie der Adaptation	47
4.2	Elementare Geruchswahrnehmung.....	48
4.3	Der olfaktorische Sinn im Vergleich zum Sehen und Hören	50
4.4	Visuelle lokale Wahrnehmung	51
4.4.1	Vergleich HFA und Asperger-Syndrom	54
4.5	Ausblick	55
5	Zusammenfassung.....	60
5.1	In Deutsch.....	60
5.2	In Englisch	62
6	Literaturverzeichnis	65
7	Anhang.....	75
7.1	Probandeninformation.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
7.2	Anamnesebogen.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
7.3	Protokoll Identifikationstest.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
7.4	Mischungen für die elementare Testung	75
7.5	Testprotokoll Mosaik-Test	Fehler! Textmarke nicht definiert.
7.6	Beispielprotokoll für die Präsentation der Mischungen und Komponenten	76
7.7	Fragebogen Habituation.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
7.8	Erklärungen zur Eröffnung des Promotionsverfahrens	Fehler! Textmarke nicht definiert.
7.9	Erklärungen zur Einhaltung rechtlicher Vorschriften	Fehler! Textmarke nicht definiert.

7.10 Lebenslauf	Fehler! Textmarke nicht definiert.
7.11 Danksagung	Fehler! Textmarke nicht definiert.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Konfigurale und elementare Geruchswahrnehmung (Beispiel Rotwein)
Abbildung 2:	Diagnosekategorien (ICD-10/DSM-V)
Abbildung 3:	Aufbau des Riechepithels
Abbildung 4:	A/B) Hypothese 1
Abbildung 5:	A/B) Hypothese 2
Abbildung 6:	A) Bestückung eines Glases B) fertiges Glas
Abbildung 7:	Überblick über den Studienablauf
Abbildung 8:	Navon-Buchstaben (Screenshots)
Abbildung 9:	Beispiel der Präsentationsabfolge im Test nach Navon
Abbildung 10:	Mosaik-Test
Abbildung 11:	Typizitätsbewertung (Screenshot)
Abbildung 12:	Komplexitätsbewertung (Screenshot)
Abbildung 13:	elementare Testung (Screenshot)
Abbildung 14:	Vergleich der Ananas-Typizität
Abbildung 15:	Vergleich der Grenadine-Typizität
Abbildung 16:	Vergleich der Komplexitätsbewertungen
Abbildung 17:	Vergleich der korrekten Identifikationen im Training
Abbildung 18:	Vergleich der Treffer (absolut/bedingt)
Abbildung 19:	Vergleich der Fehlalarm-Rate
Abbildung 20:	Vergleich der Anzahl der Fehler im Navon-Test
Abbildung 21:	Vergleich der Reaktionszeiten im Navon-Test
Abbildung 22:	Vergleich der Anzahl der Fehler im Navon-Test (HFA und Asperger-Syndrom)
Abbildung 23:	Vergleich der Reaktionszeiten im Navon-Test (HFA und Asperger-Syndrom)
Abbildung 24:	Auswertung der Fragen zur Geräuschs- und Geruchshabituatation
Abbildung 25:	City-Block-Distanzen
Abbildung 26:	City-Block-Distanzen

Die Bilder in der Abb. 1, 4A/B und 5A/B sind lizenzfrei, entstammen aus dem Internet (URL: <http://pixabay.com>) und wurden zum Teil mit dem Programm Microsoft Word 2011 (Microsoft, Redmond, USA) bearbeitet. Die chemischen Formeln in Abb. 1 wurden mit dem Programm Pages 2009 (Apple Inc., Cupertino, Kalifornien) erstellt. Das Gesicht in der Abb. 4A/B und 5A/B wurde von der Verfasserin gezeichnet. Das Programm Microsoft Word 2011 (Microsoft,

Redmond, USA) und Pages 2009 (Apple Inc., Cupertino, Kalifornien) wurden ebenfalls zur Generierung der Abb. 1, 2, 3, 4A/B, 5 A/B, 7 und 9 genutzt.

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Überblick über die eingeschlossenen Probanden

Tabelle 2: Konzentrationen der Komponenten und Mischanteile (M2, M2b)

Tabelle 3: Konzentrationen der Komponenten und Mischanteile (M6, M6b)

Tabelle 4: Verdünnung der Komponenten A bis F

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

%	Prozent
Abb.	Abbildung
ASS	Autismus-Spektrum-Störung
AQ	Autismusquotient
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
DSM	Diagnostisches und Statistisches Handbuch für psychische Störungen
EQ	Empathisierungsquotient
HFA	hochfunktionaler Autismus
ICD	Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme
IQ	Intelligenzquotient
Komponente A	Carvon, ähnlich wie Minzgeruch
Komponente B	Benzaldehyd, ähnlich wie Mandelgeruch
Komponente C	Cis-3-Hexanol, ähnlich wie Grasgeruch
Komponente D	Limone, ähnlich wie Orangengeruch
Komponente DC	Damascenone, ähnlich wie Kampfergeruch
Komponente E	Eugenol, ähnlich wie Nelkengeruch
Komponente EA	Ethylacetat, ähnlich wie Lösungsmittelgeruch
Komponente EI	Ethylisobutyrat, ähnlich wie Erdbeergeruch
Komponente EM	Ethylmaltol, ähnlich wie Karamellgeruch
Komponente F	Ethyl-n-butyrat, ähnlich wie fruchtiger Geruch
Komponente FB	Frambinone, ähnlich wie Himbeergeruch
Komponente IA	Isoamylacetat, ähnlich wie Bananengeruch
Komponente IN	Beta-Ionone, ähnlich wie Veilchengeruch
Komponente VL	Vanillin, ähnlich wie Vanillegeruch
M2	Ananas-Mischung
M2b	modifizierte Ananas-Mischung
M6	Grenadine-Mischung
M6b	modifizierte Grenadine-Mischung
ml	Milliliter
mm²	Quadratmillimeter

MW	Mittelwert
Nr.	Nummer
ORN	olfaktorische Rezeptorneurone
s	Sekunden
SQ	Systematisierungsquotient
Tbl.	Tabelle
UPSIT	University of Pennsylvania Smell Identification Test
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel

*„Fragments mend
make for
genius
fragmentation
when normal thinking
would give up.
The pieces find the resource within

bits of the whole
puzzled jigsaw,
my self.“*

*von einer Frau mit Asperger Syndrom
(Hermelin, 2001)*

1 EINLEITUNG

Im Forschungsbereich der Autismus-Spektrum-Störung (ASS) bestehen nach wie vor viele ungeklärte Fragenstellungen. Um die Thematik der Riechwahrnehmung zu erweitern, wurde eine Studie mit Probanden mit einer ASS bei Herrn Prof. Dr. med. T. Hummel (Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Interdisziplinäres Zentrum für Riechen und Schmecken, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Dresden) und im Rahmen dieser Dissertation durchgeführt. Die Studie basierte auf den Ideen von Dr. Charlotte Sinding (PhD), einer ehemaligen wissenschaftlichen Mitarbeiterin in der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde im Interdisziplinären Zentrum für Riechen und Schmecken des Universitätsklinikums Carl Gustav Carus in Dresden und befasst sich mit der konfiguralen und elementaren Geruchswahrnehmung bei Probanden mit einer ASS. Zur Vorbereitung auf die Studie fand zunächst im Frühjahr 2013 die theoretische Befassung mit den Themen Autismus sowie mit der konfiguralen und elementaren Wahrnehmung von Gerüchen statt. Im Sommer desselben Jahres begannen die praktischen Umsetzungen zur Studie wie beispielsweise die Probandenrekrutierung, die Vorbereitung der Gerüche sowie Programmierungsarbeiten. Um möglichst viele Probanden mit einer ASS in die Studie einschließen zu können, gab es eine Kooperation mit der Forschungsabteilung der „Angewandten Entwicklungsneurowissenschaften“ aus der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. med. S. Ehrlich, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Dresden. Diese Forschungsgruppe plante zu dieser Zeit ebenfalls eine Studie mit Probanden mit einer ASS.

Folgender Aufbau besitzt die Einleitung: Zuerst wird die konfigurale und elementare Geruchswahrnehmung anhand eines Beispiels erläutert. Danach folgt eine allgemeine Einführung in das Thema Autismus mit der anschließenden Vorstellung der aktuellen Diagnosekategorien. An dieser Studie nahmen Probanden mit dem Asperger-Syndrom und dem frühkindlichen Autismus teil, daher werden diese beiden Autismus-Formen detaillierter beschrieben. Anschließend werden Beispiele aus Forschungsergebnissen dargestellt, die belegen, dass Menschen mit einer autistischen Persönlichkeit das Sehen und Hören vorwiegend elementar verarbeiten. Normotypische Probanden präferieren im Gegensatz dazu eine konfigurale Verarbeitung von visuellen und auditiven Reizen. Anschließend wird der Geruchssinn mit dem Aufbau des Riechepithels sowie der peripheren und zentralen Verarbeitung näher betrachtet. Zum Schluss erfolgt die Vorstellung des aktuellen Forschungsstands zum Riechen bei Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit.

1.1 Konfigurale und elementare Geruchswahrnehmung

Alltägliche Gerüche wie beispielsweise Blumen-, Parfüm- oder Tiergerüche sind sehr komplex aufgebaut. Überwiegend sind sie aus hunderten von verschiedenen einzelnen Geruchskomponenten zusammengesetzt. In unserem Lebensraum ist die Konfrontation mit einzelnen reinen Geruchsstoffen selten (Laing und Francis, 1989). Die Wahrnehmung von Gerüchen kann dabei auf eine konfigurale oder auf eine elementare Art und Weise erfolgen. Eine konfigurale Geruchswahrnehmung besteht, wenn unterschiedliche Geruchskomponenten zusammen einen neuen Geruch erzeugen. Die einzelnen Geruchskomponenten können dabei nicht mehr vom neuen Geruch unterschieden werden. Jedoch riecht jede enthaltene Komponente für sich allein andersartig im Vergleich zum neuen Geruch. Eine elementare Geruchswahrnehmung liegt vor, wenn in einem komplexen Geruch die enthaltenen Geruchskomponenten einzeln wahrgenommen werden können (Berre et al., 2008a; Sinding et al., 2013). Generell ist die Wahrnehmung von Gerüchen nicht ausschließlich als elementar oder konfigural zu betrachten, sondern es ist letztendlich eine Mischung von beiden Wahrnehmungsformen (Livermore und Laing, 1996) (Abb. 1).

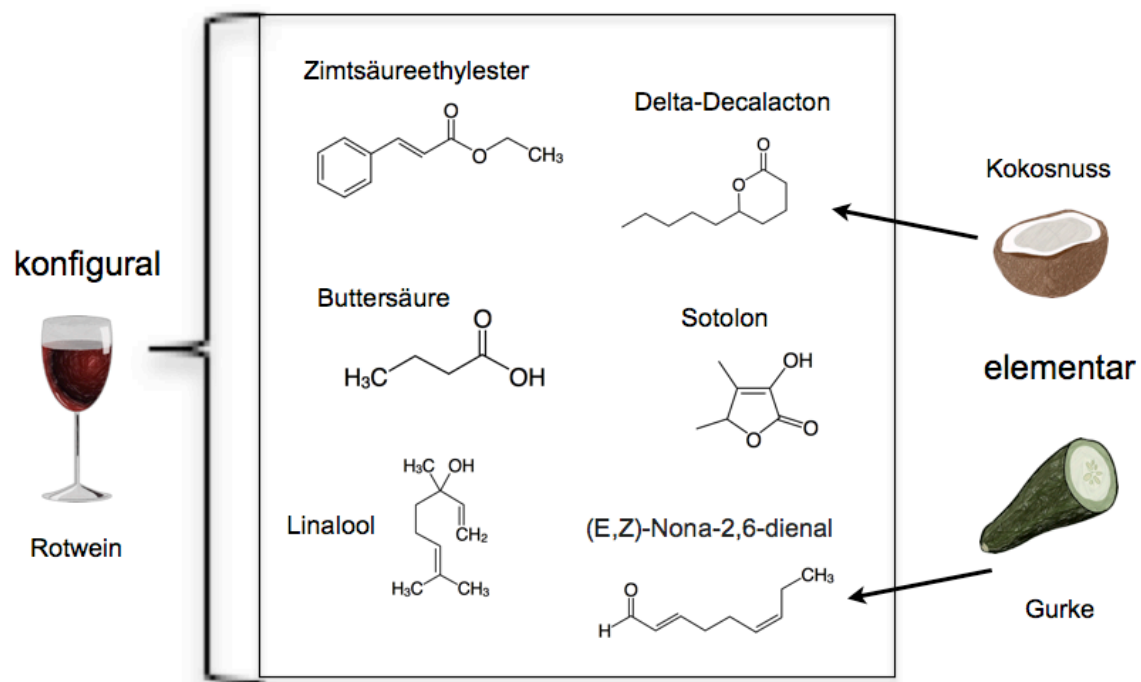


ABBILDUNG 1: Konfigurale und elementare Geruchswahrnehmung am Beispiel von Rotwein: in einem Rotwein konnten Aznar et al. (2001) insgesamt 52 verschiedene einzelne Geruchskomponenten analysieren wie beispielsweise Linalool = ähnlich wie fruchtiger Geruch, Delta-Decalaton = ähnlich wie Kokosnussgeruch, Buttersäure = ähnlich wie Käsegeruch, Sotolon = ähnlich wie Currygeruch, Zimtsäureethylester = ähnlich wie blumiger Geruch, (E,Z)-Nona-2,6-dienal = ähnlich wie Gurkengeruch

1.2 Autismus – Einführung

Autismus fasst verschiedenartige Störungen zusammen, die von der Kindheit an vorhanden sind und zeitlebens fortbestehen. Menschen mit einer autistischen Störung sind in der sozialen Interaktion und Kommunikation auffällig. Außerdem zeigen sie ein repetitives und stereotypes Verhalten. Die Schwere der Ausprägung ist bei den Betroffenen verschieden. Wahrscheinlich können mehrere Faktoren für die Krankheitsentstehung von Bedeutung sein wie z. B. genetische Faktoren, Umweltfaktoren, körperliche Erkrankungen oder Hirnschädigungen bzw. Hirnfunktionsstörungen (Kamp-Becker und Bölte, 2014). Bei ungefähr einem Viertel der autistischen Menschen ist die Krankheitsentstehung auf eine Mutation in einem definierten Gen zurückzuführen (monogene Ursache) oder auf fehlendes bzw. sich verdoppeltes genetisches Material (zytogenetische Ursache). Das Fragile-X-Syndrom ist ein Beispiel für eine monogene Erkrankung (Freitag, 2008). Schon häufiger analysierte Veränderungen des Chromosoms 15 stellen beispielsweise zytogenetische Ursachen dar (Schroer et al., 1998; Bolton et al., 2004). Autistische Störungen werden beim männlichen Geschlecht dreimal häufiger diagnostiziert. Bei autistischen Mädchen ist eine geistige Behinderung oftmals stärker ausgeprägt (Remschmidt und Kamp-Becker, 2007). Zum diagnostischen Repertoire einer ASS gehören Elternbefragungen, Verhaltensbeobachtungen, Sprachentwicklungstests, Entwicklungs- bzw. Intelligenzprüfungen sowie internistisch-neurologische Untersuchungen und Laborkontrollen (Freitag, 2009).

Zur Therapie autistischer Symptome werden verhaltenstherapeutische Verfahren, welche sich z. B. mit der Auseinandersetzung von Emotionen, mit der Erlangung von sozialen Fertigkeiten und mit Anpassungsstrategien beschäftigen, eingesetzt. Auch Kommunikations- und Beobachtungstraining sowie Ergo- und Physiotherapie stellen Therapiemöglichkeiten dar. Begleitende depressive oder hyperaktive Symptomatiken sowie aggressive oder selbstschädigende Handlungen können zusätzlich pharmakologisch behandelt werden. Durch die beschriebenen Therapien erlangen Betroffene eine Verbesserung im sozialen und im kommunikativen Bereich sowie in der Selbstständigkeit. Außerdem sollen Zwänge, Rituale, Aggressionen und motorische Beeinträchtigungen verringert werden (Bölte und Poustka, 2002).

1.2.1 Diagnosekategorien (ICD-10/DSM-V)

Nach den aktuellen Klassifikationssystemen, der Internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (ICD-10) und dem Diagnostischen und Statistischen Handbuch für psychische Störungen (DSM-V), gibt es folgende Diagnosekategorien. Nach der ICD-10 zählen autistische Störungen zu den tiefgreifenden

Entwicklungsstörungen. Dazu gehören z. B. der frühkindliche Autismus, das Asperger-Syndrom, der atypische Autismus, das Rett-Syndrom und andere desintegrative Störungen des Kindesalters. Im DSM-V wird nur die Diagnose ASS verwendet (Kamp-Becker und Bölte, 2014) (Abb. 2).

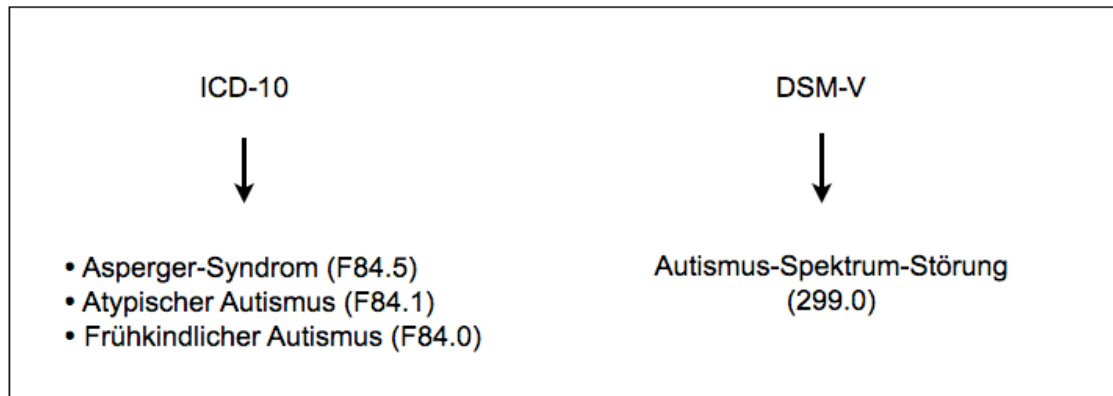


ABBILDUNG 2: Diagnosekategorien (ICD-10/DSM-V) mit Codierung: modifiziert nach Hacker, 2014

Es wird vermutet, dass in den neuen ICD-11 Kriterien die ASS – wie in der DSM-V – als eine Diagnose eingeordnet wird (Cholemkery, 2016).

1.2.1.1 Frühkindlicher Autismus

Leo Kanner veröffentlichte erstmals im Jahr 1943 seine Beobachtungen zum frühkindlichen Autismus anhand von elf Patientenbeispielen. Schon damals war Kanner der Annahme, dass diese Störung angeboren ist. Die Betroffenen sind nicht in der Lage, normale soziale Kontakte zu bilden. Von Geburt an besteht bei den Patienten ein ungewöhnliches Bestreben nach Alleinsein. Auch vertritt Kanner in seiner Arbeit die Ansicht, dass die Patienten die Welt aus zusammengefügten Elementen wahrnehmen (Kanner, 1943).

Der frühkindliche Autismus wird mit einer Prävalenz von 22/10.000 angegeben (Fombonne et al., 2009). Die Manifestation zeigt sich bereits vor dem dritten Geburtstag und ist durch starke Einschränkungen in der sozialen Interaktion und Kommunikation geprägt. Ein starkes stereotypes und repetitives Verhalten charakterisiert den frühkindlichen Autismus zusätzlich. Die Zurückgezogenheit aus der Öffentlichkeit ist bei Menschen mit einem frühkindlichen Autismus ausgeprägter als beim Asperger-Syndrom (Remschmidt und Kamp-Becker, 2007). Die sprachliche Entwicklung ist im Gegensatz zum Asperger-Syndrom immer verzögert. Die Mehrheit der Patienten mit einem frühkindlichen Autismus haben einen IQ kleiner als 70 (Freitag, 2009). Zusätzlich wird von einem hochfunktionalen Autismus (HFA) gesprochen,

wenn bei Patienten mit einem frühkindlichen Autismus der IQ nicht im unterdurchschnittlichen Bereich ist (Biscaldi et al., 2012), sondern höher als 70 und sie gute sprachliche Kompetenzen besitzen. Weiterhin ist beim frühkindlichen Autismus der Blickkontakt, die Mimik und Gestik sowie das Zurücklächeln der betroffenen Kinder oft zeitig vermindert. Der Kontakt zu Kindern gleichen Alters kann vollständig abgelehnt werden, mit aggressiven Handlungen verbunden sein oder nur aus zweckmäßigen Gründen bestehen. Soziale Gegebenheiten und Gefühlszustände werden nicht erfasst und es kann als Konsequenz nicht adäquat darauf reagiert werden. Bei Verletzungen oder Kummer suchen Menschen mit einem frühkindlichen Autismus keine tröstende Person auf. Ein weiteres Merkmal ist das Ausbleiben der Brabbel- bzw. Lallphase vor Beginn der eigentlichen Sprache. Über die Hälfte der betroffenen Kinder zeigen keine sprachlichen Fähigkeiten oder entwickeln im Schulalter bzw. in späteren Entwicklungsphasen nur ein teilweises Sprachvermögen. Die Sprache kann auch durch eine Wiederholung von gehörten Wörtern (Echolalie) oder durch die Verwendung von ganz neuen Wörtern (Neologismen) geprägt sein. Oft sprechen die Kinder von sich selbst in der zweiten oder dritten Person (pronominale Umkehr). Die korrekte Benutzung der ersten Person bei Erzählungen, die sich auf die eigene Person beziehen, können die Betroffenen erst viel später gegenüber gesunden Kindern anwenden. Zusätzlich weisen Kinder mit einem frühkindlichen Autismus beim Spielen wenig Interaktivität auf. Sie neigen dazu, sich auf bestimmte Teile der Spielobjekte zu konzentrieren, welche dann konsequent stereotyp benutzt werden. Auf Erneuerungen wie z. B. fremde Umgebungen können Betroffene mit Panikanfällen reagieren (Kamp-Becker und Bölte, 2014). Insgesamt kann gesagt werden, dass die dargestellten Merkmale des frühkindlichen Autismus tiefgreifende Einschränkungen für Betroffene ausmachen.

1.2.1.2 Asperger-Syndrom

Hans Asperger veröffentlichte im Jahr 1944 seine Habilitationsschrift zu seinem nach ihm benannten Syndrom. Der Wissenschaftler hatte bereits erkannt, dass die Störung chronisch verläuft. Innerhalb des Krankheitsbildes sind die Symptome unterschiedlich stark ausgeprägt (Asperger, 1944). Die Prävalenz des Asperger-Syndroms beträgt ungefähr 11/10.000 (Fombonne et al., 2009) und die Manifestation findet ab dem dritten Lebensjahr statt. Die Betroffenen zeigen auffällige Mängel im Kontaktverhalten. Beispielsweise ist der Blickkontakt sowie Mimik und Gestik während eines Gespräches vermindert. Allgemeine Normen des sozialen Kontaktes können oft nicht nachvollzogen und somit auch nicht eingehalten werden. Darüber hinaus sprechen sie größtenteils ohne Schwierigkeiten und auch viel. Sie sind während der Kommunikation meistens sehr ichbezogen, ignorieren Reaktionen des Gesprächspartners und können ein der Situation unangepasstes Auftreten nicht

wahrnehmen. Aus diesem Grund fällt es Menschen mit Asperger-Syndrom schwer, Kontakt zu anderen herzustellen. Ein markantes Merkmal von Betroffenen ist das außergewöhnliche Sonderinteresse, welches den Alltag sehr einschränken kann. Beispiele dafür sind das Einprägen von Fahrplänen, Gesetzesparagraphen oder der Umgang mit Zahlen. Weiterhin besitzen Menschen mit dieser Störung oft Zwänge wie das zwanghafte Einhalten bestimmter Tagesabläufe oder Zeiten und sie haben große Angst vor neuen Umgebungen oder Situationen. Ferner bestehen beim Asperger-Syndrom keine Sprachentwicklungsdefizite und keine Minderung der Intelligenz (Remschmidt und Kamp-Becker, 2007).

1.2.2 Elementare und konfigurale Wahrnehmung bei Autismus

Das einleitende Gedicht, das dieser Arbeit vorangestellt ist, wurde von einer Frau geschrieben, die am Asperger-Syndrom leidet. Es verdeutlicht die Wahrnehmung eines Menschen mit Autismus. Dieser empfindet aus seiner Sicht das Leben als unübersichtlich, da es aus bezugslosen Fragmenten besteht (Hermelin, 2001).

In diesem Zusammenhang gibt es in der wissenschaftlichen Literatur mehrere Hinweise im visuellen und auditiven Bereich, dass Menschen mit einer autistischen Persönlichkeit tendenziell eine elementare Verarbeitung als eine konfigurale präferieren (Frith, 1989; Frith und Happé, 1994; Joseph und Tanaka, 2003; Rondan und Deruelle, 2007), wie es auch im vorangestellten Gedicht angedeutet wurde. Uta Frith entwickelte die Theorie der schwachen zentralen Kohärenz. Diese Theorie beschreibt die mehr detailfokussierte kognitive Wahrnehmung bei Menschen mit einer autistischen Persönlichkeit. Außerdem ist es für Individuen mit einer ASS mühevoller, Sinneseindrücke in ihrer gesamten Bedeutung zu verarbeiten und einzuordnen (Frith, 1989; Frith und Happé, 1994).

Im Bereich der visuellen Wahrnehmung konnte gezeigt werden, dass Kinder und Erwachsene mit einer autistischen Störung Gesichter, geometrische Formen und gesichterähnliche Figuren weniger als Ganzes wahrnehmen, sondern sie konzentrieren sich vorrangig auf die Einzelheiten (Davies et al., 1994; Joseph und Tanaka, 2003; Deruelle et al., 2006; Rondan und Deruelle, 2007; Annaz et al., 2009). Erwähnenswert ist, dass autistische Menschen in Bildgebungsstudien bei der Verarbeitung von Gesichtern vor allem diejenigen Gehirnareale aktivieren, die bei der Verarbeitung von Objekten eine Rolle spielen (Schultz et al., 2000; Hubl et al., 2003; Domes et al., 2008). In der Studie von Booth et al. im Jahr 2003 wurde in der ASS-Gruppe ein detail-fokussiertes Zeichnen beobachtet. Ein weiteres Beispiel für eine schwache zentrale Kohärenz ist, dass sich Probanden mit einer ASS weniger durch zweidimensionale optische Täuschungen manipulieren lassen als gesunde Kontrollprobanden (Happé, 1996).

Bei der auditiven Reizwahrnehmung wurden ebenso dominierende elementare Verarbeitungen beobachtet. Beispielsweise konnten in einer Studie musikalisch unerfahrene Autisten im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden besser einzelne Töne, welche zu bestimmten Tieren assoziiert waren, identifizieren. Auch die Erinnerungsfähigkeit an diese Töne war in der ASS-Gruppe höher gewesen (Heaton et al., 1998). Ein weiteres wichtiges Forschungsergebnis ist, dass Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit bei zusätzlich bestehenden Umgebungsgeräuschen mühsamer einem Gespräch folgen können (Alcántara et al., 2004), was auch für eine geringere konfigurale auditive Reizverarbeitung spricht. Diese Beispiele charakterisieren und unterstützen die Annahme, dass autistische Personen zu einer elementaren Wahrnehmung tendieren.

1.3 Der Geruchssinn

1.3.1 Aufbau des Riechepithels

Das auf ungefähr 400 mm² begrenzte und von Schleim bedeckte Riechepithel (olfaktorisches Epithel) liegt am Dach der oberen Nasenmuschel, an der Nasenscheidewand (Pape et al., 2014) sowie in der vorderen mittleren Nasenmuschel (Leopold et al., 2000). Das Riechepithel ist mehrreihig aufgebaut und enthält Basal- und Stützzellen sowie olfaktorische Rezeptorneurone (ORN; Abb. 3). Die Basalzellen sind für die dauerhafte Erneuerung der Riechschleimhaut von Bedeutung. Dagegen halten die Stützzellen das Ionengleichgewicht mit dem Zwischenzellraum aufrecht und sind für die Biotransformation von körperfremden Substanzen verantwortlich. Die bipolaren ORN reichen mit ihren dendritischen Fortsätzen, von dessen Auftreibungen, den Dendritic Knobs, bis zu 20 unbewegliche Zilien ausgehen, bis in die Schleimschicht der Nasenhöhle hinein (Hummel und Welge-Lüssen, 2009). Die Anzahl der ORN wird in der Literatur mit bis zu ca. 30 Millionen angegeben, wobei deren Zellerneuerung in weniger als einem Monat stattfindet (Hatt, 2004).

Unterhalb des Riechepithels grenzt die Lamina propria an, in dieser Nervenzellfortsätze der ORN, Blutgefäße, Bindegewebe sowie Bowman-Drüsen eingelagert sind (Hummel und Welge-Lüssen, 2009). Bowman-Drüsen sind Spüldrüsen, deren Sekret sich auf der Oberfläche der Stützzellen und der ORN ausbreitet. Durch Bindungsproteine können die Bowman-Drüsen die Bindungsstellen für Duftmoleküle offenhalten (Aumüller et al., 2014). Die Riechschleimhaut ist keine zusammenhängende Fläche, sondern wird regelmäßig von respiratorischen Epithelien und altersbedingten Gewebeumwandlungen unterbrochen (Reiß, 2009). Die marklosen Axone der ORN schließen sich unterhalb des Siebbeines, der Lamina cribosa, zusammen und durchdringen sie als Fila olfactoria, um dann als Nervus olfactorius zum Riechkolben (Bulbus olfactorius), eine Ausstülpung des Vorderhirns, zu gelangen. Die

ORN gehören somit zu den primären Sinneszellen, da sie über Axone verfügen, Aktionspotentiale erzeugen und an zerebrale Strukturen weiterleiten können (Draguhn et al., 2014).

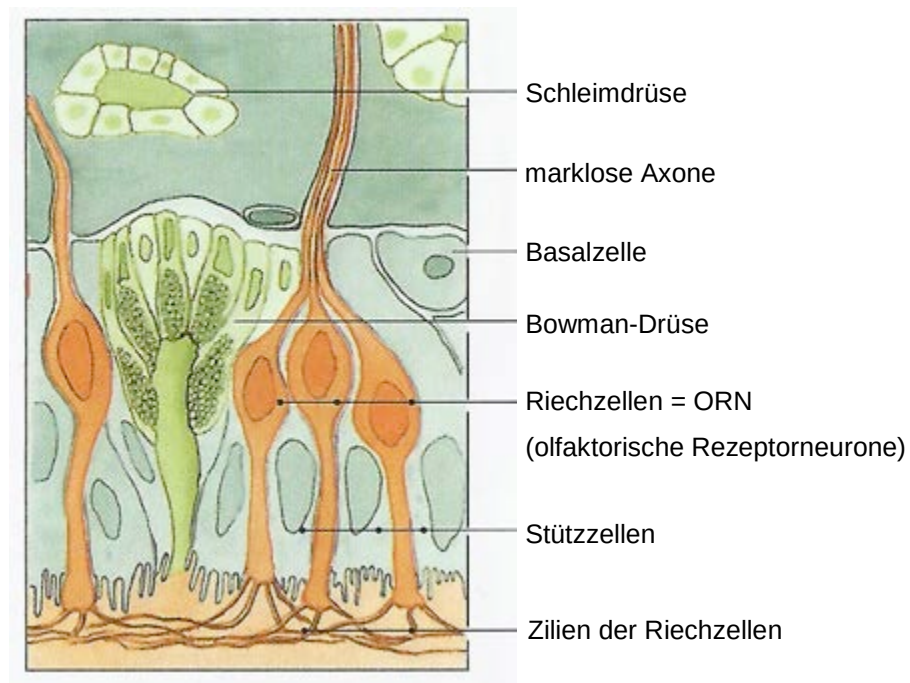


ABBILDUNG 3: Aufbau des Riechepithels: modifiziert nach Draguhn et al., 2014

1.3.2 Periphere und zentrale Verarbeitung

In den Zellmembranen der ORN sind olfaktorische Rezeptorproteine integriert, von denen es ungefähr 200 bis 400 verschiedene Typen gibt. Der gleiche Rezeptortyp kann zum einen durch unterschiedliche Duftstoffe aktiviert werden. Zum anderen können die unterschiedlichen Molekülanteile eines Duftstoffes auch unterschiedliche Rezeptoren aktivieren. Nachdem ein chemisches Signal durch Bindung eines Duftmoleküls an einen Rezeptor ausgelöst wird, führt eine zelluläre Signaltransduktionskaskade zur Änderung des Membranpotentials und ein elektrisches Signal wird generiert. Die olfaktorischen afferenten Rezeptorsignale werden zu den Glomeruli des Bulbus olfactorius weitergeleitet, wo die Axone der ORN mit den Dendriten der Mitralzellen synaptische Verbindungen eingehen (Hummel und Welge-Lüssen, 2009). Eine nordamerikanische Studie zeigte, dass es im menschlichen Bulbus olfactorius über 5500 Glomeruli gibt und 16 Riechrezeptoren auf ein Glomerulum konvergieren (Mareš et al., 2008).

Die Axone der Mitralzellen projizieren in verschiedene sekundäre olfaktorische Areale (Nucleus olfactorius anterior, Substantia perforata anterior und das darunterliegende ventrale

Striatum, piriformer Cortex, periamygdaler Cortex/mediale Amygdala, entorhinaler Cortex). Diese sekundären Strukturen wiederum projizieren zur Insel, zum orbitofrontalen Cortex, zum ventralen Striatum, zum Hippocampus, zu den Septumkernen und zum Hypothalamus (Welge-Lüssen und Hummel, 2014).

1.4 Aktuelle Forschungslage zur olfaktorischen Wahrnehmung bei Autismus

Aktuell ist nur sehr wenig über die olfaktorische Wahrnehmung bei Menschen mit einer ASS bekannt. Die meisten der veröffentlichten Studien sind lediglich mit einer geringen Probandenanzahl durchgeführt worden (Martin und Daniel, 2014). Zudem gibt es sehr widersprüchliche Resultate. Einige Veröffentlichungen zeigen eine schlechtere Riechfunktion bei Patienten mit einer ASS im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden (Suzuki et al., 2003; Bennetto et al., 2007). Dagegen gibt es auch Untersuchungen, die dieses widerlegen (Brewer et al., 2008; Tavassoli und Baron-Cohen, 2012).

Suzuki et al. untersuchten 2003 die Riechidentifikation und die Geruchsschwellen bei zwölf erwachsenen männlichen Probanden mit einem Asperger-Syndrom (Durchschnittsalter: 33 Jahre) und bei einer gesunden Kontrollgruppe. Dabei ergaben sich signifikant geringere Fähigkeiten bei der Identifikation von Düften in der autistischen Gruppe. Zwischen den Geruchsschwellen gab es keine Unterschiede in den Gruppen. Die Riechidentifikation wurde durch den „University of Pennsylvania Smell Identification Test“ (UPSIT) ermittelt. Dieser selbständig durchführbare Test bestimmt die Riechfunktion anhand von Düften, welche zur Freisetzung aufgekratzt werden müssen (Doty et al., 1984). Die Geruchsschwelle wurde mit dem „two-bottle“ Test nach Cain bestimmt. Dafür wurde Butanol in verschiedenen Konzentrationen verwendet und als Lösung in Flaschen präsentiert. Der Test begann mit der niedrigsten Konzentration von Butanol. Dem Probanden wurde bei jedem Versuch jeweils zwei Flaschen präsentiert, eine mit Butanol-Lösung und eine ohne Duft. Aufgabe war es, die Flasche mit dem stärksten Geruch zu wählen. Wenn der Proband die falsche Flasche präferierte, so wurde ihm die nachfolgend höhere Butanolkonzentration dargeboten. Sobald die Butanolverdünnungen einer Reihe (Variation der Konzentrationen um den Faktor drei) viermal hintereinander richtig bestimmt wurden, entsprach dies der Geruchsschwelle (Cain et al., 1983).

Auch Bennetto et al. (2007) konnten signifikant schlechtere Ergebnisse bei autistischen Probanden bei der Identifikation von Düften im Vergleich zu einer Kontrollgruppe aufzeigen. An dieser Studie nahmen 21 Kinder und Jugendliche mit HFA (10 bis 18 Jahre) teil. Zur Identifikationstestung wurden Sniffin' Sticks verwendet (Identifikationstest mit Sniffin' Sticks siehe Kapitel 2.2.1).

Dagegen konnte die Studie von Dudova et al. (2011) keine Unterschiede zwischen autistischen Probanden und gesunden Kontrollen im Identifikationstest mit Sniffin' Sticks beobachten. Insgesamt wurden in dieser Studie 35 männliche Kinder und Jugendliche mit Asperger-Syndrom und HFA (Durchschnittsalter: 10,8 Jahre) untersucht. Dabei wurden die Ergebnisse nicht getrennt für Probanden mit Asperger-Syndrom und Probanden mit HFA unterschieden.

Brewer et al. sahen im Jahr 2008 ebenso keine Unterschiede in der Riechidentifikation (getestet durch den UPSIT) zwischen 15 Kindern mit HFA (5 bis 9 Jahre) und ihrer Kontrollgruppe. Es wird in dieser Arbeit die Möglichkeit diskutiert, dass sich Riechidentifikationsstörungen erst im späteren Lebensalter bei autistischen Menschen entwickeln. May et al. wiederholten 2011 mit neun Probanden (Durchschnittsalter: 11,9 Jahre) aus der Studie von Brewer et al. (2008) die Identifikationstestung. Dieses Forscherteam widerlegte die Erklärungen von Brewer et al. (2008). Es wurde schließlich eine Verbesserung der Riechidentifikation bei Probanden mit HFA und bei der Kontrollgruppe beobachtet. Zusätzlich wurde in dieser Studie an einer anderen Kohorte die Riechidentifikation untersucht (zwölf Kinder mit HFA, Durchschnittsalter: 10,6 Jahre; zwölf Kinder mit Asperger-Syndrom, Durchschnittsalter: 10,8 Jahre). Die Untersuchungen wurden für beide Nasenlöcher getrennt durchgeführt. Nur die HFA-Gruppe zeigte dabei signifikant schlechtere Ergebnisse gegenüber den Probanden mit Asperger-Syndrom und der Kontrollgruppe. In allen drei Gruppen waren die Ergebnisse für die einzelnen Nasenlöcher gleich. In beiden Untersuchungen wurde für die Messung der Riechidentifikation der UPSIT verwendet.

In der von Galle et al. (2013) veröffentlichten Studie wurden gleichermaßen geringere Fähigkeiten bei der Identifikation von Düften (getestet durch den UPSIT) von zehn HFA-Probanden (Durchschnittsalter: 25,5 Jahre) im Vergleich zu neun Probanden mit Asperger-Syndrom (Durchschnittsalter: 25,44 Jahre) und einer Kontrollgruppe (Experiment 1) nachgewiesen. Dies wird damit erklärt, dass die gezeigten Sprachentwicklungsstörungen der HFA-Gruppe eventuell mit der verringerten Identifikation von Düften im Zusammenhang stehen. Bei Probanden mit einem Asperger-Syndrom gab es keine Beeinträchtigung hinsichtlich der Sprache. Des Weiteren wurde in dieser Studie eine Subgruppe aus dem Experiment 1 erneut untersucht (fünf Probanden mit Asperger-Syndrom, Durchschnittsalter: 22,2 Jahre; fünf Probanden mit HFA, Durchschnittsalter: 24,8 Jahre; eine Kontrollgruppe). Es wurde zum einen die Geruchsschwelle getestet (nach Ehrenstein und Ehrenstein 1999) und die Diskriminationsfähigkeit von Gerüchen (nach Zatorre und Jones-Gotman 1991). Zum anderen sollten die Probanden Gerüche aus dem Diskriminationstest nach Vertrautheit, Intensität und Angenehmheit bewerten. Bei der Untersuchung der Geruchsschwelle sollten

die Probanden zusätzlich die chemosensorische Empfindlichkeit mithilfe eines Fragebogens beurteilen. Es gab im Experiment 2 keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

Eine neuere Studie beobachtete, dass die Schwere einer autistischen Störung nicht mit der olfaktorischen Funktion (Geruchsidentifikation, Geruchsschwelle und Angenehmheit von Düften) korreliert. In dieser Studie wurden 35 männliche Probanden mit HFA (Durchschnittsalter: 10,8 Jahre) untersucht. Für die Schwellentestung und für die Geruchsidentifikation wurden Sniffin' Sticks genutzt. Die Angenehmheit von Düften wurde während des Identifikationstestes mithilfe von Skalen erfragt (Dudova und Hrdlicka, 2013).

Tavassoli und Baron-Cohen untersuchten im Jahr 2012 insgesamt 38 Probanden mit einer ASS (keine Unterteilung in autistischen Gruppen, Durchschnittsalter: 35,9 Jahre). Es gab zwischen der autistischen Gruppe und der Kontrollgruppe keinen Unterschied in den Geruchserkennungsschwellen, die mithilfe von Sniffin' Sticks getestet wurden. Außerdem wurde an einer Subgruppe (17 Probanden mit Asperger-Syndrom, zwei Probanden mit HFA, Durchschnittsalter: 28 Jahre) die Fähigkeit zur Adaptation von Düften untersucht. Es stellte sich heraus, dass die Adaptation an einen Geruch bei Menschen mit einer ASS im Vergleich zur Kontrollgruppe gleich war.

Dudova et al. (2011) dagegen fanden eine signifikante Beeinträchtigung in der Geruchsschwellentestung (getestet durch Sniffin' Sticks) bei autistischen Probanden im Gegensatz zur Kontrollgruppe heraus. Es wurden 35 männliche Kinder und Jugendliche mit Asperger-Syndrom und HFA (Durchschnittsalter: 10,8 Jahre) beobachtet.

Hrdlicka et al. untersuchten im Jahr 2011 insgesamt 35 Kinder mit einer ASS (27 Probanden mit Asperger-Syndrom, fünf Probanden mit frühkindlichem Autismus, drei Probanden mit einer nicht spezifizierten tiefgreifenden Entwicklungsstörung, Durchschnittsalter: 10,8 Jahre) und einer Kontrollgruppe. Die autistischen Kinder bewerteten die Düfte Ananas und Zimt aus dem Sniffin' Sticks-Sortiment als weniger angenehm. Es war ebenso die Tendenz zu beobachten, dass Probanden mit einer ASS alle Düfte im Gesamten als weniger angenehm im Vergleich zu gesunden Probanden bewerteten.

In der Studie von Legiša et al. (2013) war es für acht Kinder mit HFA (8 bis 14 Jahre) schwierig im Vergleich zu Kontrollprobanden, ihre emotionalen Reaktionen hinsichtlich eines Duftes zu beschreiben. Es gab aber allgemein keine Unterschiede bezüglich der Reaktionen in den Gesichtern der Probanden bei angenehmen und unangenehmen Düften zwischen beiden Gruppen.

Zusammenfassend ist aus den Veröffentlichungen erkennbar, dass wahrscheinlich Probanden mit HFA eine schlechtere Geruchsidentifikation aufweisen. Daneben erscheint die Geruchsschwelle bei autistischen Erwachsenen nicht beeinträchtigt zu sein, wobei Kinder und Jugendliche eine geringere Geruchsschwelle im Vergleich zu gesunden Kontrollen haben. Vermutlich ist die Diskriminationsfähigkeit bei Probanden mit einer ASS nicht

beeinträchtigt. Allerdings sind die bisherigen Ergebnisse als nicht überzeugend und unvollständig zu betrachten, wie am Anfang des Kapitels dargestellt.

1.5 Ziel der Arbeit und Hypothesen

Bisher gibt es keine Studie über die konfigurale und elementare Geruchswahrnehmung bei Menschen mit einer ASS. Die Grundlagen dieser Arbeit basierten auf den Forschungsarbeiten von Berre et al. (2008a) und von Laing und Glemarec (1992). Diese veröffentlichten Untersuchungen wurden bisher nicht mit Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit durchgeführt.

Berre et al. (2008a) verwendeten in ihrer Studie unter anderem eine binäre Mischung aus Ethylisobutyrat (ähnlich wie Erdbeergeruch) und Ethylmaltol (ähnlich wie Karamellgeruch). Beide Komponenten zusammen erzeugten den Geruch nach Ananas. Außerdem benutzten sie einen Geruch nach Grenadine, der aus sechs Komponenten (Beta-Ionone, ähnlich wie Veilchengeruch; Damascenone, ähnlich wie Kampfergeruch; Frambione, ähnlich wie Himbeergeruch; Ethylacetat, ähnlich wie Lösungsmittelgeruch; Isoamylacetat, ähnlich wie Bananengeruch; Vanillin, ähnlich wie Vanillegeruch) bestand. Berre et al. (2008a) überprüften in einem Teilexperiment die Mischeigenschaften („blending effects“) der Ananas- und Grenadine-Mischung. Dazu bewerteten die Probanden zum einen, inwiefern der Geruch der Komponenten (Ethylisobutyrat, Ethylmaltol) sowie der Mischung selbst (Ananas) der Typizität eines Ananasgeruches entsprachen. Zum anderen beurteilten die Teilnehmer, ob die Komponenten und die Mischung, welche zum Grenadinegeruch zugehörig waren (Beta-Ionone, Damascenone, Frambione, Ethylacetat, Isoamylacetat, Vanillin, Grenadine-Mischung), der Typizität eines Grenadinegeruches entsprachen. Die Typizität wurde anhand einer linearen 10 cm Skala mit den Endpunkten „schlechtes“ und „gutes“ Beispiel für den Zielbegriff Ananasgeruch oder Grenadinegeruch ermittelt. Als Ergebnis zeigte sich, dass die Typizität der Ananas- und Grenadine-Mischung signifikant höher bewertet worden war als die der einzelnen Komponenten selbst. Aus diesem Grund präsentierten die zwei Mischgerüche jeweils einen guten Mischeffekt („blending effect“).

Laing und Glemarec (1992) benutzten in ihrer Studie fünf Gerüche (Carvon, ähnlich wie Minzgeruch; Benzaldehyd, ähnlich wie Mandelgeruch; Cis-3-Hexanol, ähnlich wie Grasgeruch; Limone, ähnlich wie Orangengeruch; Eugenol, ähnlich wie Gewürznelkengeruch; Ethyl-n-butytrat, ähnlich wie fruchtiger Geruch), welche die Probanden in vier Trainingssitzungen zunächst lernten zu identifizieren. In jeder Trainingseinheit wurde jeder Geruch zweimal präsentiert. Während der vierten Trainingssitzung konnten die Probanden alle sechs Gerüche vollständig identifizieren. Aus den Einzelgerüchen wurden verschiedene Mischungen mit jeweils zwei, drei, vier, fünf und sechs Komponenten

hergestellt. Die Probanden sollten schließlich die einzelnen Komponenten der Mischungen identifizieren. Insgesamt hatten die Probanden Schwierigkeiten, mehr als drei Komponenten in Mischungen wahrzunehmen.

In dieser Arbeit soll untersucht werden, ob Menschen mit einer ASS bei der Geruchswahrnehmung vergleichsweise eine elementare und weniger eine konfigurale Wahrnehmung zeigen, wie es bei der visuellen und auditiven Wahrnehmung beschrieben wurde (Elementare und konfigurale Wahrnehmung bei Autismus siehe Kapitel 1.2.2).

Für die in dieser Studie getestete konfigurale Geruchswahrnehmung wurden gleichermaßen ein Ananas- und Grenadinegeruch verwendet wie in der Studie von Berre et al. (2008a). Zur Testung der elementaren Geruchswahrnehmung wurden die sechs Geruchsrichtungen aus der Studie von Laing und Glemarec (1992) eingesetzt. Zusätzlich wurden mithilfe von zwei Tests, dem Navon- und Mosaik-Test, die visuellen lokalen Fähigkeiten der Probanden ermittelt.

Es gibt folgende Hypothesen:

Hypothese 1:

Probanden mit einer ASS bewerten die Typizität vom Ananasgeruch niedriger als normotypische Probanden (Abb. 4A). Vermutlich nehmen Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit die Komponenten Ethylisobutyrat und Ethylmaltol stärker wahr, da sie Gerüche vergleichsweise weniger konfigural verarbeiten (Abb. 4B). Desgleichen nimmt die ASS-Gruppe die Komponenten des Grenadinegeruches (Beta-Ionone, Damascenone, Frambione, Ethylacetat, Isoamylacetat, Vanillin) stärker wahr und sie stufen die Typizität des Grenadinegeruches selbst niedriger ein als die Kontrollgruppe.

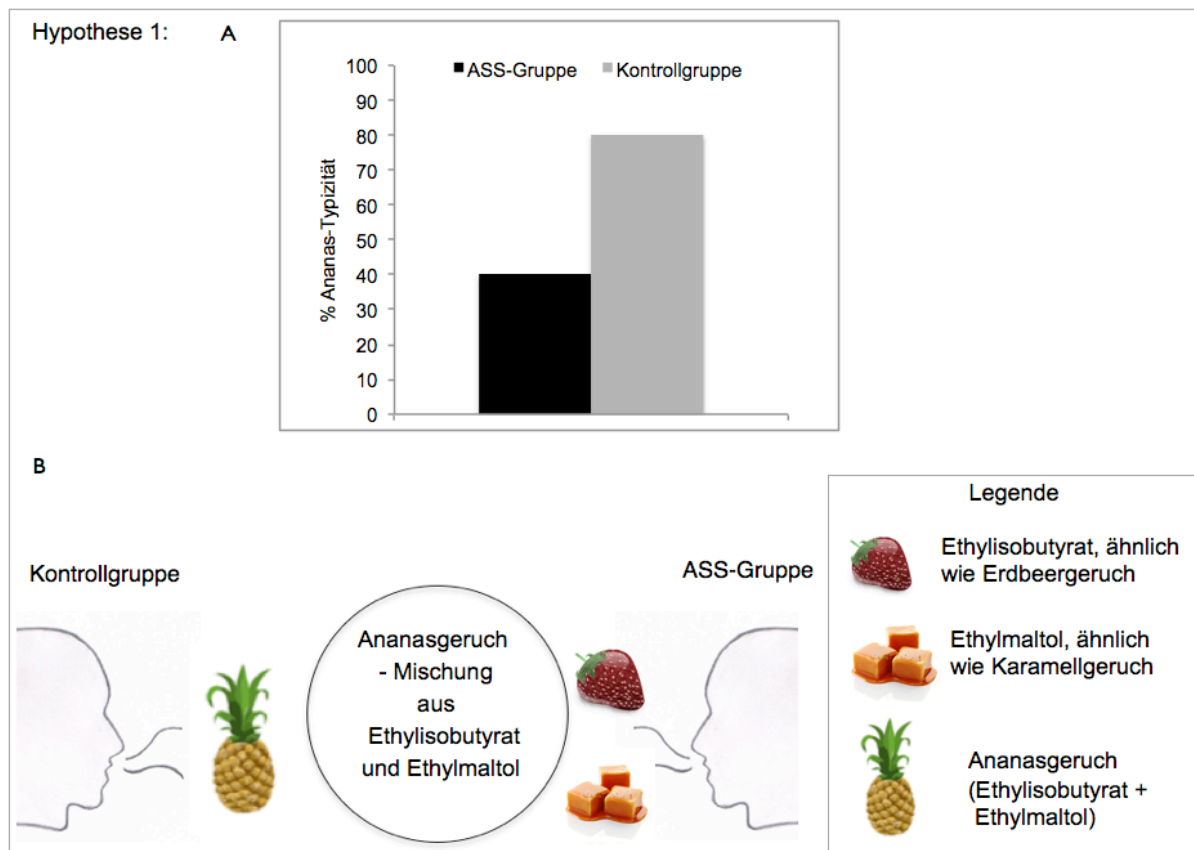


Abbildung 4A/B: Hypothese 1: am Beispiel des Ananasgeruches

Hypothese 2:

Probanden mit einer ASS identifizieren mehr Gerüche in komplexen Mischungen als normotypische Probanden. Die ASS-Gruppe weist eine bessere elementare Geruchswahrnehmung im Vergleich zu normal entwickelten Probanden auf (Abb. 5A). Beispielsweise können Kontrollprobanden in einer 4-Komponenten Mischung mindestens drei Gerüche erkennen, wobei demgegenüber die autistischen Teilnehmer eine höhere Anzahl an Gerüchen wahrnehmen können (Abb. 5B).

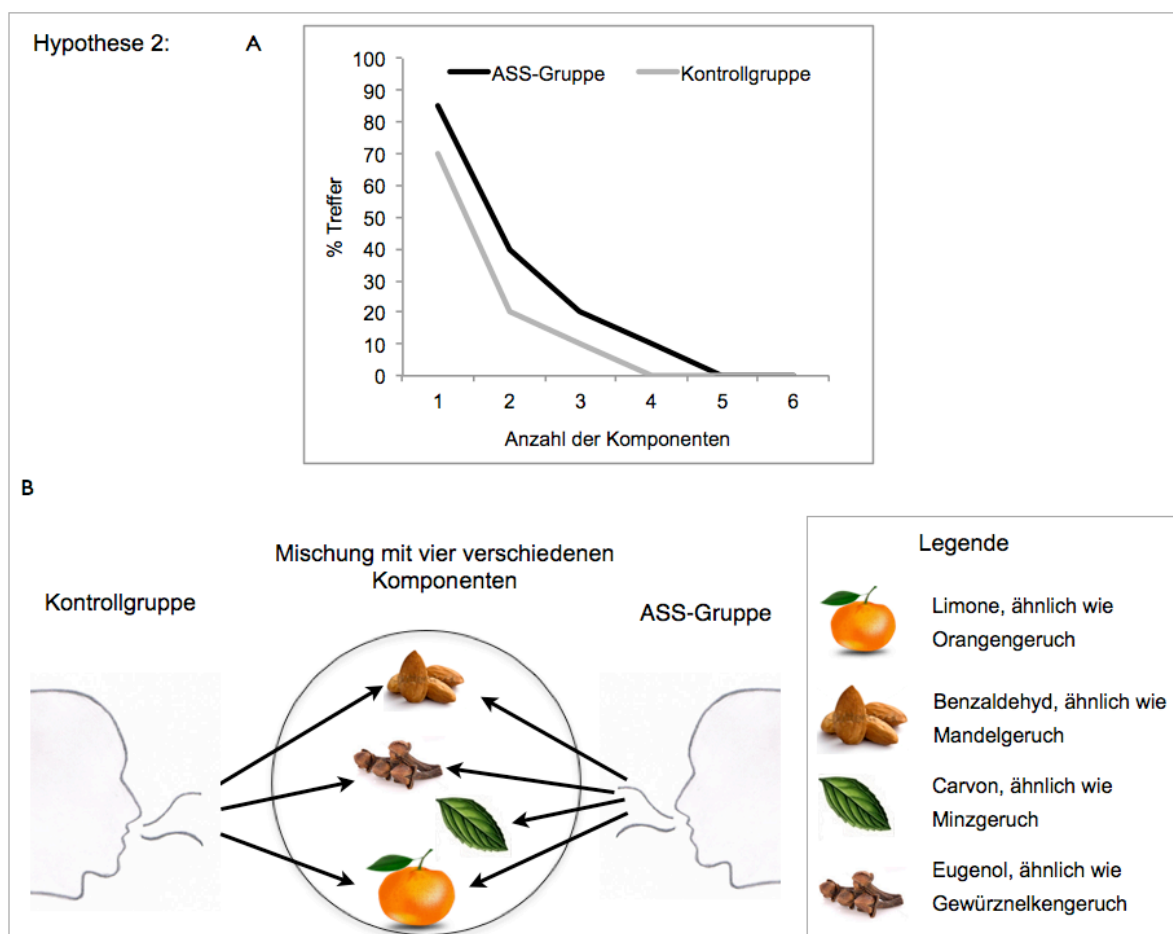


Abbildung 5A/B: Hypothese 2: am Beispiel einer Geruchsmischung mit vier verschiedenen Komponenten

Hypothese 3:

Die ASS-Gruppe zeigt bessere lokale Fähigkeiten im Mosaik- und Navon-Test, da sie eine detailfokussierte Wahrnehmung präferieren.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Allgemeines zur Studie

Die Studie wurde zwischen Oktober 2013 und Februar 2014 durchgeführt. Sie entspricht den rechtlichen Bestimmungen der Ethikkommission an der Technischen Universität in Dresden (EK 122042013). Einleitend zum ersten Studientermin erfolgte die umfassende mündliche und schriftliche Aufklärung der Probanden zum Ziel und Ablauf der Studie, zu den Ein- und Ausschlusskriterien, zu Nutzen und Risiken der Untersuchung, zu datenschutzrechtlichen Aspekten, zur Freiwilligkeit der Teilnahme sowie zum Widerruf der Einwilligung (Probandeninformation siehe Anhang 7.1). Alle Probanden bestätigten schriftlich ihr Einverständnis und hatten ein Recht darauf, die Studie jederzeit abbrechen zu können. Als Aufwandsentschädigung erhielt jeder Proband zehn Euro pro Stunde. Die Fahrtkosten wurden für Probanden mit einer ASS erstattet.

In Kooperation mit der Forschungsabteilung der „Angewandten Entwicklungsneurowissenschaften“ aus der Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie unter der Leitung von Prof. Dr. med. S. Ehrlich erfolgte die Rekrutierung der Probanden mit einer ASS sowie ein Teil der Kontrollgruppe. Die Zusammenarbeit umfasste außerdem die Durchführung der Anamnese, die Aushändigung der Selbstbeurteilungsfragebögen und die Testung des IQ-Wertes (einschließlich der Durchführung des Mosaik-Testes für die Kontrollgruppe) bei Probanden, die an beiden Studien teilgenommen haben.

2.2 Probanden

In die wissenschaftliche Auswertung der Studienergebnisse wurden 25 Probanden mit einer ASS und 25 Kontrollprobanden eingeschlossen. Die Geschlechterverteilung war in beiden Gruppen homogen. Als Einschlusskriterien wurden ein Alter von mindestens 18 Jahren sowie ein Mindestwert von zehn Punkten im Identifikationstest mit Sniffin' Sticks (Identifikationstest mit Sniffin' Sticks siehe Kapitel 2.2.1) festgelegt. Zum Studienausschluss führten zum einen wesentliche gesundheitliche Beeinträchtigungen (z. B. Morbus Parkinson, Niereninsuffizienz), die mit Störungen der olfaktorischen Funktion einhergehen können. Zum anderen akute oder ausgeprägte chronische Entzündungen der Nase und der Nasennebenhöhlen, wesentliche Vor- oder Begleiterkrankungen im Hals-, Nasen-, Ohrenbereich und für die weiblichen Probandinnen eine aktuelle Schwangerschaft. Probanden, die weniger als 75 % der Komponenten im Training (Testung der elementaren Geruchswahrnehmung) identifizieren konnten, wurden ebenfalls aus der Studie

ausgeschlossen. Die anamnestischen Daten wurden mithilfe eines Anamnesebogens erfasst (Anamnesebogen siehe Anhang 7.2).

2.2.1 Identifikationstest mit Sniffin' Sticks

Der Identifikationstest besteht aus einem Satz von 16 durchnummerierten Riechstiften, sogenannten Sniffin' Sticks (von Burghart Messtechnik, Wedel, Deutschland) und dazugehörigen Papierkarten mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten für jeden Duft (Protokoll Identifikationstest siehe Anhang 7.3). Dieser Test gehört neben dem Schwellentest und dem Diskriminationstest zum erweiterten Riechtest zur Ermittlung der Riechfunktion. Ein Sniffin' Stick ist ein ca. 14 cm langer und mit allgemein bekannten Geruchsstoffen befüllter Filzstift. Zur Riechfunktionsüberprüfung wird zum Freisetzen des Duftes die Stiftkappe entfernt und anschließend der Stift ca. 2 cm vor beide Nasenlöcher gehalten. Es liegen dem Probanden zu jedem Duft vier Auswahlmöglichkeiten auf einer Karte vor. Für jeweils eine richtige Duftbenennung gibt es einen Punkt (Hummel et al., 1997; Schriever et al., 2014). Der Sniffin' Stick Nr. 13 (Ananasgeruch) wurde nicht aus dem Sortiment verwendet. Der Grund dafür war, dass in der konfiguralen Testung ebenfalls ein Ananasgeruch verwendet wurde, der nicht mit dem Duft aus dem Sniffin' Sticks-Sortiment identisch war. Insgesamt waren im Identifikationstest 15 Punkte zu erreichen.

2.2.2 Selbstfragebögen

Um Unterschiede in Bezug auf allgemeine charakteristische Merkmale zwischen den zwei Probandengruppen aufzeigen zu können, wurden drei jeweils vom Forscherteam um Simon Baron-Cohen (Autism Research Centre, University of Cambridge) entwickelte Selbstbeurteilungsfragebögen an die Probanden ausgehändigt. Aus diesen drei standardisierten Fragebögen wird der Autismusquotient (AQ), der Empathisierungsquotient (EQ) sowie der Systematisierungsquotient (SQ) berechnet. Der AQ, EQ und SQ dienen als Screeningverfahren für die Diagnose einer ASS (Förstl, 2012).

Der 2001 veröffentlichte AQ befasst sich mit den Bereichen der sozialen Fähigkeiten, der Aufmerksamkeitssteuerung, der Aufmerksamkeit für Details sowie der Kommunikation und Phantasie. Werte über 32 (Cut-Off-Wert: 32+) sind Hinweise für eine ASS (Baron-Cohen et al., 2001). Der EQ, publiziert 2004, beschäftigt sich mit der Empathiefähigkeit. Das heißt, inwiefern können sich die Probanden in die Gefühle und Gedanken anderer Menschen hineinversetzen sowie die Absichten anderer Menschen vorhersagen und verstehen. Hier deuten Werte gleich und kleiner 30 (Cut-Off-Wert: 30) auf autistische Merkmale hin (Baron-Cohen et al., 2003; Baron-Cohen und Wheelwright, 2004). Der seit 2003 bekannte und 2006 überarbeitete SQ behandelt z. B. in welchem Umfang die Probanden ihre Umwelt oder

diverse Systeme analysieren, ordnen und strukturieren. Der in dieser Studie verwendete Fragebogen war der SQ-R (revidierte Version). Probanden mit einer ASS erreichen in diesem Fragebogen höhere Werte als Probanden ohne eine ASS (Baron-Cohen et al., 2003; Wheelwright et al., 2006).

Bei allen drei Selbstfragebögen sollte der Proband die jeweiligen Fragen mithilfe von vier Auswahlmöglichkeiten (von „Stimme voll und ganz zu“ bis „Stimme überhaupt nicht zu“) beantworten. Die Auswertung erfolgte analog zu den genannten Studien. Bei der Auswertung der erreichten Punktwerte zwischen den Gruppen konnte bei jedem Fragebogen ein signifikanter Unterschied beobachtet werden (AQ: $F [1,144] = 80.636$, $p < .001$; EQ: $F [1,144] = 58.640$, $p < .001$; SQ: $F [1,144] = 15.657$, $p < .001$; Tbl. 1). Die teilgenommene ASS-Gruppe zeigte in allen drei Fragebögen deutlich mehr Merkmale aus dem autistischen Spektrum im Vergleich zur Kontrollgruppe.

2.2.2.1 Probanden mit einer Autismus-Spektrum-Störung

Zur Rekrutierung von Probanden mit einer ASS lagen Flyer zur Vorstellung der Studie in der Dresdener Autismusambulanz der Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie aus. Zusätzlich wurde die Studie zweimal anhand einer PowerPoint-Präsentation in einer Selbsthilfegruppe für Menschen mit einer ASS vorgestellt. Alle teilgenommenen Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit waren Patienten der Autismusambulanz Dresden. Die Diagnosen wurden durch die entsprechenden Arztbriefe in den Patientenakten vor der Studienteilnahme geprüft (Tbl. 1).

Die IQ-Werte wurden bei Probanden mit einer ASS aus der Patientenakte entnommen. Bei 24 Probanden wurde der IQ durch den Wechsler Intelligenztest für Erwachsene ermittelt, bei einem Teilnehmer mithilfe des HAWIE-R (Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene-Revidiert). Lag der IQ-Test bei Probanden von 20 bis 30 Jahren länger als fünf Jahre oder bei Probanden ab 30 Jahren länger als acht Jahre zurück, wurde dieser mithilfe des Wechsler Intelligenztestes für Erwachsene wiederholt.

Nach dem ICD-10 Diagnoseschlüssel hatten 21 Probanden die Diagnose F84.5 (Asperger-Syndrom) und vier Probanden die Diagnose F84.0, welche den frühkindlichen Autismus bezeichnet (Remschmidt, 2012). Drei autistische Probanden wurden aus der Studie ausgeschlossen. Ursächlich dafür waren, dass zwei Teilnehmer weniger als zehn von fünfzehn möglichen Punkten im Identifikationstest mit Sniffin' Sticks (Hummel et al., 1997) erreichten und ein Proband weniger als 75 % der Gerüche korrekt im Training in der elementaren Testung identifizierte.

2.2.2.2 Kontrollprobanden

Zum Vergleich der Ergebnisse der ASS-Gruppe wurden 25 Probanden als Kontrollgruppe in die Studie eingeschlossen (Tbl. 1). Während der Studie fand kein Ausschluss von Teilnehmern der Kontrollgruppe statt. Ein Proband konnte aus gesundheitlichen Gründen den zweiten Termin für die Testung der elementaren Geruchswahrnehmung nicht innerhalb von drei Tagen wahrnehmen. Dieser Proband hatte vor dem erneut vereinbarten zweiten Termin eine zusätzliche Trainingseinheit. Zur IQ-Messung wurden mit den Kontrollprobanden vier Untertests (Bilderergänzen, Gemeinsamkeitenfinden, Rechnerisches Denken, Zahlen-Symbol-Test) aus dem Wechsler Intelligenztest für Erwachsene durchgeführt (Tbl. 1). In verschiedenen Studien konnte die gute Verlässlichkeit dieser kurzen, etwa 30-minütigen Testung belegt werden (Kaufman et al., 1991; Donnell et al., 2007). Die Berechnung wurde nach Donnell et al. (2007) durchgeführt.

TABELLE 1: Überblick über die eingeschlossenen Probanden: *n* = Anzahl, *m* = männlich, *w* = weiblich, *Min* = Minimum, *Max* = Maximum, *MW* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, *Intelligenzquotient (IQ)*, *Autismusquotient (AQ)*, *Empathisierungsquotient (EQ)*, *Systematisierungsquotient (SQ)*

	ASS-Gruppe (n = 25) <i>m/w: 21/4</i>				Kontrollgruppe (n = 25) <i>m/w: 21/4</i>			
	Diagnosen nach ICD-10: <i>F84.5 (n = 21), F84.0 (n = 4)</i>							
	Min	Max	MW	SD	Min	Max	MW	SD
Alter	21	59	38	12,1	23	56	38,5	11,7
IQ	84	145	110	15,25	84	155	113	14,33
AQ	17	51	36,84	9,23	2	33	15,36	7,85
EQ	3	34	17,84	9,06	16	62	40,36	10,76
SQ	34	109	69,24	21,86	16	82	46,04	15,93

Beim Vergleich der IQ-Werte gab es zwischen den Gruppen keinen signifikanten Unterschied ($F [1,48] = .756$, $p = .389$; Tbl. 1). Beide Gruppen zeigten eine überdurchschnittliche Intelligenz, wie sie von Wechsler und Aster (2006) definiert wurde.

2.3 Komponenten und deren Modifikation

Die Auswahl der Komponenten und deren Mischungen basierte, wie bereits in der Einleitung beschrieben, auf den Forschungsarbeiten von Berre et al. (2008a) und von Laing und Glemarec (1992). Die für die Studie verwendeten Komponenten (monomolekulare Gerüche) waren Ethylisobutyrat (EI, ähnlich wie Erdbeergeruch), Ethylmaltol (EM, ähnlich wie Karamellgeruch), Beta-Ionone (IN, ähnlich wie Veilchengeruch), Vanillin (VL, ähnlich wie Vanillegeruch), Frambinone (FB, ähnlich wie Himbeergeruch), Damascenone (DC, ähnlich wie Kampfergeruch), Isoamylacetat (IA, ähnlich wie Bananengeruch), Ethylacetat (EA, ähnlich wie Lösungsmittelgeruch), Carvon (A, ähnlich wie Minzgeruch), Benzaldehyd (B, ähnlich wie Mandelgeruch), Cis-3-Hexanol (C, ähnlich wie Grasgeruch), Limone (D, ähnlich wie Orangengeruch), Eugenol (E, ähnlich wie Nelkengeruch) und Ethyl-n-butytrat (F, ähnlich wie fruchtiger Geruch). Die Komponenten wurden bei der Firma Sigma-Aldrich, Deutschland, in flüssiger Form erworben.

2.3.1 Komponenten und Mischungen für die konfigurale Geruchswahrnehmung

Um eine konfigurale Wahrnehmung zu favorisieren, wurde ein Geruch nach Ananas (M2) sowie nach Grenadine (M6) hergestellt. Für M2 wurden zunächst die Komponenten Ethylisobutyrat auf 10 % und Ethylmaltol auf 1 % mit dem Trägerlösungsmittel 1,2-Propanediol (Sigma-Aldrich, Deutschland) verdünnt. Anschließend wurde die Mischung M2 im Verhältnis der Komponenten von 30/70 (EI 10 %ig/EM 1 %ig) hergestellt (Tbl. 2). Zusätzlich wurde eine zweite Mischung (M2b) erzeugt, die hingegen keine konfigurale Wahrnehmung begünstigte. Für M2b wurden die Komponenten im Verhältnis von 70/30 (EI 10 %ig/EM 1 %ig) gemischt (Tbl. 2).

TABELLE 2: Übersicht über die Konzentrationen der Komponenten und deren Anteile in den Mischungen M2 und M2b: M2 favorisierte eine konfigurale Geruchswahrnehmung nach Ananas; dagegen favorisierte die Mischung M2b keine konfigurale Geruchswahrnehmung nach Ananas; EI (Ethylisobutyrat, ähnlich wie Erdbeergeruch); EM (Ethylmaltol, ähnlich wie Karamellgeruch)

Komponenten	Anteil in der Mischung M2	Anteil in der Mischung M2b
EI 10 %ig <i>Verdünnung mit 1,2-Propanediol</i>	30 %	70 %
EM 1 %ig <i>Verdünnung mit 1,2-Propanediol</i>	70 %	30 %

Die Mischungen M2 und M2b sowie deren Komponenten (EI und EM) wurden jeweils einzeln für sich auf einen Mulltupfer in braunen 15 ml Gläser pipettiert (zwei Tropfen von jeder Lösung). Jedes Glas wurde mit einem Code aus drei Zahlen beschriftet (Abb. 6).

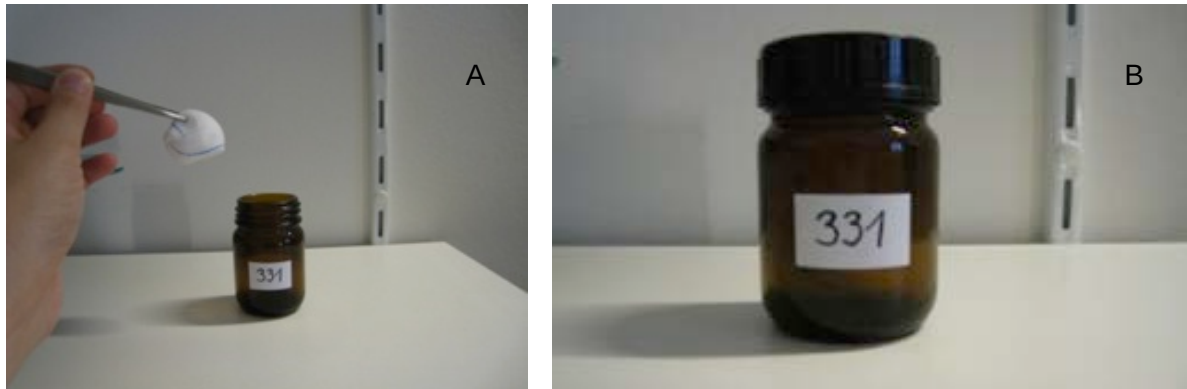


ABBILDUNG 6: A) Bestückung eines 15 ml Glases mit einem Mulltupfer; B) fertiges 15 ml Glas mit enthaltenen Duft

Für M6 wurden zunächst die Komponenten Vanillin, Frambinone und Ethylacetat auf 1 % sowie Beta-Ionone, Isoamylacetat und Damascenone auf 0,01 % mit Ethylalkohol (80 Volumen-% mit Wasser) verdünnt. Die Mischung M6 enthielt die verdünnten Komponenten mit folgenden Anteilen: VL, FB und IN jeweils zu 20 %, IA zu 24 %, EA zu 2 % und DC zu 14 % (Tbl. 3). Ebenso wurde eine zweite Mischung mit ungleichen Proportionen (M6b) vorbereitet, welche keine konfigurale Geruchswahrnehmung präferierte. Dafür wurden zuerst alle sechs Komponenten (VL, FB, EA, IN, IA, DC) auf 1 % mit Ethylalkohol (80 Volumen-% mit Wasser) verdünnt. Die Mischung M6b beinhaltete dann anteilmäßig VL zu 5 %, FB und EA zu 4,3 %, IN und DC zu 41,8 % und IA zu 4,3 % (Tbl. 3).

TABELLE 3: Übersicht über die Konzentrationen der Komponenten und deren Anteile in den Mischungen M6 und M6b: M6 favorisierte eine konfigurale Geruchswahrnehmung nach Grenadine; dagegen favorisierte M6b keine konfigurale Geruchswahrnehmung nach Grenadine; VL (Vanillin, ähnlich wie Vanillegeruch, FB (Frambinone, ähnlich wie Himbeergeruch, EA (Ethylacetat, ähnlich wie Lösungsmittelgeruch, IN (Beta-Ionone, ähnlich wie Veilchengeruch, IA (Isoamylacetat, ähnlich wie Bananengeruch, DC (Damascenone, ähnlich wie Kampfergeruch)

Komponenten für M6 Verdünnung mit Ethylalkohol (80 Volumen-% + Wasser)	VL 1 %ig	FB 1 %ig	EA 1 %ig	IN 0,01 %ig	IA 0,01 %ig	DC 0,01 %ig
Anteile der Komponenten in der Mischung M6	20 %	20 %	2 %	20 %	24 %	14 %
Komponenten für M6b Verdünnung mit Ethylalkohol (80 Volumen-% + Wasser)	VL 1 %ig	FB 1 %ig	EA 1 %ig	IN 1 %ig	IA 1 %ig	DC 1 %ig
Anteile der Komponenten in der Mischung M6b	5 %	4,3 %	4,3 %	41,8 %	4,3 %	41,8 %

Die Mischungen M6 und M6b sowie die Komponenten von M6 (VL 1 %ig, FB 1 %ig, DC 0,01 %ig, IN 0,01 %ig, IA 0,01 %ig und EA 1 %ig) wurden einzeln unter Einsatz von jeweils drei Schmeckstreifen in braunen 15 ml Gläsern verschlossen. Die ungefähr 8 cm langen Schmeckstreifen bestehen aus Filterpapier und werden vor allem zur Schmecktestung verwendet. Der Kopfbereich von drei Schmeckstreifen wurde dabei vollständig in die jeweilige Duftlösung getränkt. Die anschließende Trocknung der Schmeckstreifen wurde für die Verdampfung des Ethanols unter Zuhilfenahme eines Magnetrades für drei Minuten durchgeführt. Anschließend wurden diese in ein mit einem Dreiercode beschriftetes braunes 15 ml Glas gegeben. Das Glas wurde schließlich fest verschlossen.

2.3.2 Komponenten und Mischungen für die elementare Geruchswahrnehmung

Für die Testung der elementaren Geruchswahrnehmung wurden die Komponenten Carvon (A), Benzaldehyd (B), Cis-3-Hexanol (C), Limone (D), Eugenol (E) und Ethyl-n-butyrat (F) verwendet. B und F wurden auf 0,02 %, C wurde auf 0,03 % und E wurde auf 0,1 % mit dem Trägerlösungsmittel 1,2-Propanediol verdünnt (Tbl. 4). Die Komponenten A und D wurden nicht modifiziert.

TABELLE 4: Übersicht über die Verdünnung der Komponenten A bis F, welche eine elementare Geruchswahrnehmung favorisierten: A (Carvon, ähnlich wie Minzgeruch), B (Benzaldehyd, ähnlich wie Mandelgeruch), C (Cis-3-Hexanol, ähnlich wie Grasgeruch), D (Limonen, ähnlich wie Orangengeruch), E (Eugenol, ähnlich wie Nelkengeruch), F (Ethyl-n-butyrat, ähnlich wie fruchtiger Geruch)

Komponenten	A	B	C	D	E	F
Konzentration (Verdünnung mit 1,2-Propanediol)	100 %ig	0,02 %ig	0,03 %ig	100 %ig	0,1 %ig	0,02 %ig

Ziel der Verdünnung war es, dass alle sechs Komponenten ungefähr in der gleichen Intensität wahrgenommen wurden. Die vier verdünnten Komponenten (B, C, E, F) und die beiden unverdünnten Komponenten (A, D) dienten als Grundlage für 17 Mischungen (Mischungen für die elementare Testung siehe Anhang 7.4). Das Verhältnis der Mischungen wurde letztendlich durch Ausprobieren ermittelt. Es wurde versucht, dass die Intensitäten der einzelnen Komponenten in einer Mischung ungefähr gleich stark empfunden wurden. Für die elementare Testung wurden die Komponenten A (100 %ig), B (0,02 %ig), C (0,03 %ig), D (100 %ig), E (0,1 %ig), F (0,02 %ig) und die 17 Mischungen verwendet. Von jeder Lösung wurden zwei Tropfen jeweils auf einen Mulltupfer, der zuvor in ein 15 ml braunes Glas platziert wurde, pipettiert. Das Glas wurde verschlossen und wiederholt mit einem Code aus drei Zahlen beschriftet. Die Erneuerung der Gerüche in den Gläsern fand nach jedem zweiten Probanden statt, wobei frische Mulltupfer und neue Schmeckstreifen verwendet wurden. Für die Studie wurden alle Mischungen nach beschriebener Anleitung in ausreichender Menge hergestellt, sodass die Erneuerung dieser in den Gläsern immer aus den einmalig schon vorbereiteten Lösungen bestand. Dadurch konnten Pipettierfehler z. B. bei der Verdünnung vermieden werden.

2.4 Experimentelles Design

2.4.1 Versuchsablauf

Die Studie bestand aus insgesamt drei Abschnitten:

- visuelle lokale Wahrnehmung (Navon- und Mosaik-Test)
- konfigurale Geruchswahrnehmung
- elementare Geruchswahrnehmung

Jeder Proband hatte zwei Termine im Interdisziplinären Zentrum für Riechen und Schmecken von jeweils ungefähr einer Stunde Dauer (Abb. 7). Vor diesen beiden Terminen wurden die Probanden darüber informiert, an den Untersuchungstagen kein Parfüm oder andere starke Duftmittel zu benutzen. Weiterhin wurden die Probanden darauf hingewiesen, eine Stunde vor den vereinbarten Terminen nichts zu essen, nicht zu rauchen, nur Wasser zu trinken, keine Kaugummis zu kauen oder Bonbons zu lutschen. Bei der Durchführung der Studie wurde auf eine geräuscharme Umgebung und auf einen gut belüfteten Untersuchungsraum geachtet.

Am ersten Termin wurde einleitend zur Ermittlung der visuellen lokalen Fähigkeiten der Probanden der Navon-Test durchgeführt. Darauf fand die konfigurale und anschließend die elementare Testung statt. Die elementare Testung wiederum bestand aus zwei Trainingseinheiten. Beide Trainingseinheiten lagen nicht länger als drei Tage auseinander, sodass die erlernten Geruchsstoffe besser in Erinnerung blieben (Abb. 7). Jede Testung wird im weiteren Verlauf der Arbeit detaillierter beschrieben. Der Navon-Test sowie die konfigurale und elementare Testung wurden mit PsychoPy dargestellt (Peirce, 2007).

Um weitere visuelle lokale Fertigkeiten der Probanden zu ermitteln, wurde der Mosaik-Test, ein Untertest des Wechsler Intelligenztestes, verwendet. Bei der ASS-Gruppe wurde der Wert des Mosaik-Testes aus der IQ-Testung entnommen. Die Kontrollgruppe führte den Mosaik-Test am Termin der IQ-Testung durch, da dieser nicht in der IQ-Kurzversion enthalten war.

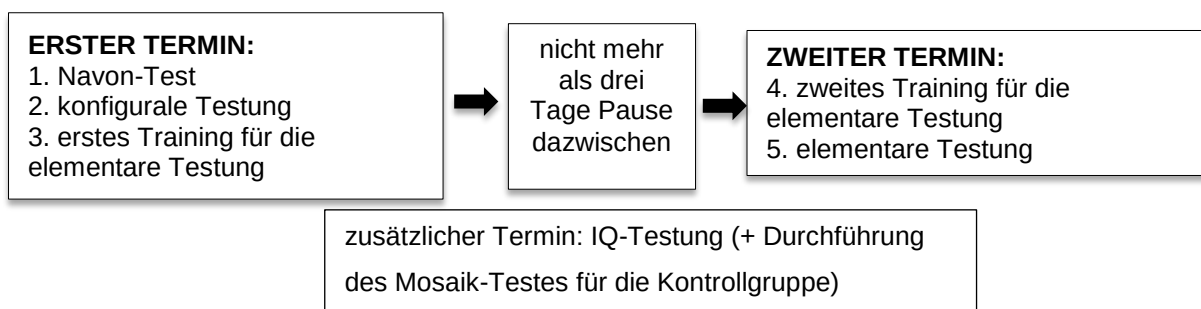


ABBILDUNG 7: Überblick über den Studienablauf

2.4.2 Navon-Test

Der Navon-Test wird genutzt, um visuelle lokale und globale Fähigkeiten zu determinieren (Navon, 1977). Normdaten zeigten, dass Probanden schneller globale Merkmale von Figuren visuell wahrnehmen können als lokale Merkmale (Wang et al., 2007). Für diesen Test wurden globale Buchstaben verwendet, die aus lokalen Buchstaben bestanden. Die globalen

und lokalen Buchstaben konnten dabei kongruent (globale und lokale Buchstaben sind gleich) oder inkongruent (globale und lokale Buchstaben sind unterschiedlich) zueinander sein. Der für diese Studie verwendete Navon-Test war eine Demoversion, die als Download von PsychoPy erfolgte. Die verwendeten Navon-Figuren bestanden aus den Großbuchstaben „H“ und „S“ (globale Buchstaben), welche selbst aus H's und S's (lokale Buchstaben) aufgebaut waren (Abb. 8).

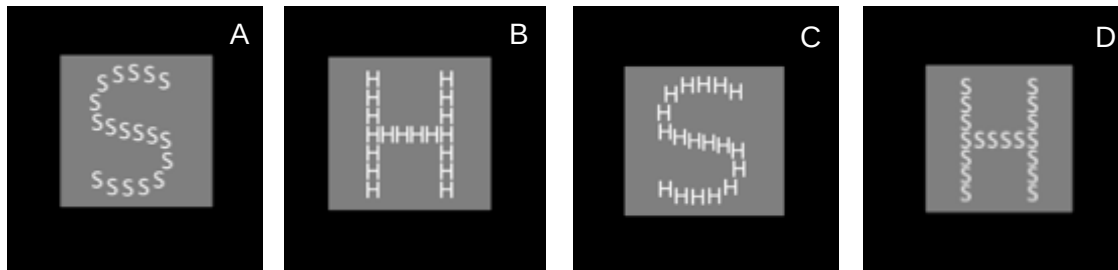


ABBILDUNG 8: Darstellung der verwendeten Buchstaben nach Navon (Screenshots), wie sie jeweils auf dem Computerbildschirm angezeigt worden sind: A und B stellen kongruente Buchstaben dar (globale und lokale Buchstaben sind gleich); C und D zeigen inkongruente Buchstaben (globale und lokale Buchstaben sind unterschiedlich)

Dabei kann der Navon-Test verschiedenartig genutzt werden. Zum einen kann die „geteilte Aufmerksamkeit“ getestet werden. Dabei soll der Proband die Buchstaben (global oder lokal) identifizieren, die er primär wahrnehmen kann. Des Weiteren kann die „selektive Aufmerksamkeit“ ermittelt werden, wie es in dieser Studie erfolgte. Dafür werden die Probanden vor dem Test genau instruiert, ob sie die Aufmerksamkeit auf die lokalen oder globalen Buchstaben legen sollen (Wang et al., 2007). In dieser Studie sollten die Probanden die Aufmerksamkeit auf die lokalen Buchstaben legen.

Der Navon-Test lief folgendermaßen ab: Zuerst wurde den Teilnehmern der Aufbau der Buchstabenfiguren erklärt. Dann konnten die Probanden ein Training an zehn Navon-Figuren durchführen, wobei die lokalen Buchstaben durch Drücken von „H“ oder „S“ auf der Tastatur identifiziert werden sollten. Während des Trainings erhielten die Probanden ein Feedback, ob sie erfolgreich waren oder nicht. Die einzelnen Figuren wurden dabei jeweils innerhalb von 0,2 s präsentiert. Die Buchstaben wurden variabel in vier verschiedenen Positionen auf dem Bildschirm gezeigt (oben links, oben rechts, unten links, unten rechts). Bevor die Buchstabenfigur aufleuchtete, erschien im Zentrum des Bildschirms ein Fixierkreuz für 1 s (Abb. 9). Nach dem Aufblenden einer Navon-Figur wurde an der gleichen Position für 5 s

eine sogenannte Maske präsentiert. Während dieser Zeit konnte der Proband seine Antwort geben.

Nach der Übung erfolgte die Testung drei Minuten lang. Diese war dieselbe wie beim Training, aber ohne ein Feedback. Im Ganzen wurden acht kongruente und acht inkongruente Navon-Figuren gezeigt. Wenn der Proband den richtigen lokalen Buchstaben auf der Tastatur gedrückt hatte, gab es einen Punkt. Wenn der Proband nicht innerhalb der 5 s geantwortet hatte oder wenn ein falscher Buchstabe bestätigt wurde, wurde dies mit null Punkten bewertet.

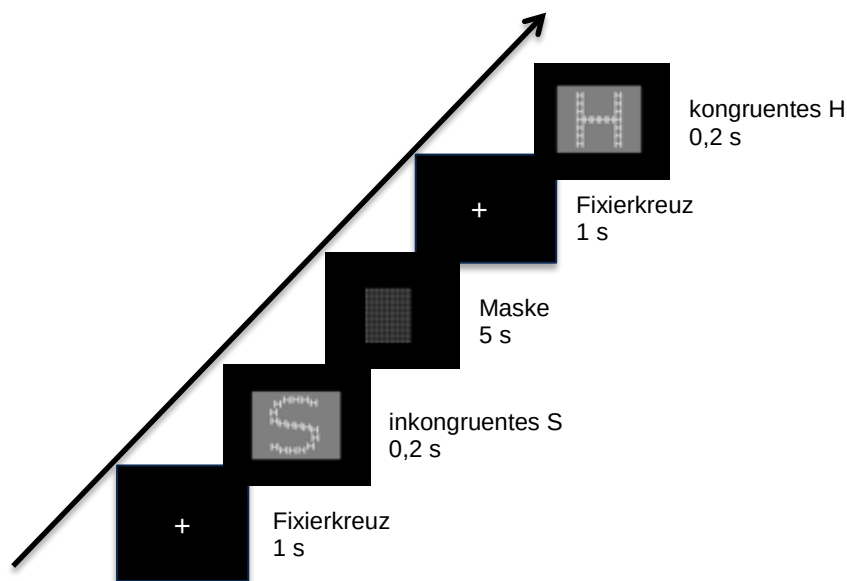


ABBILDUNG 9: Beispiel der Präsentationsabfolge im Test nach Navon mit Angabe der Zeiten in Sekunden (s)

2.4.3 Mosaik-Test

Zur weiteren Untersuchung der lokalen Fähigkeiten der Probanden wurde der von Kohs entwickelte Mosaik-Test (Kohs, 1923) verwendet. Dieser Test ist Bestandteil von mehreren Testbatterien zur Intelligenzmessung (Shah und Frith, 1993). Zum Mosaik-Test gehören neun gleichartige rot und weiß bemusterte Würfel und neun verschiedene bedruckte Mustervorlagen (Abb. 10) sowie ein Testprotokoll für den Testleiter (Testprotokoll Mosaik-Test siehe Anhang 7.5). Die Aufgabe für den Probanden bestand darin, die vorgegebenen Muster mittels der Würfel nachzubauen. Die verschiedenen Muster bestanden aus zwei, vier

und neun Würfeln mit verschiedenen Zeitgrenzen zum Nachbauen. Bis Muster Nr. 6 erhielten die Probanden beim ersten richtigen Versuch zwei Punkte sowie beim zweiten richtigen Versuch einen Punkt. Die restlichen Muster wurden je nach erreichter Lösungszeit unterschiedlich bewertet. Um den Probanden zu zeigen, wie vorgegangen wird, wurde das erste Muster (Muster Nr. 5, Startpunkt) vom Testleiter vorgegeben. Daraufhin sollte der Proband das Muster reproduzieren. Danach legte der Proband ein zweites Muster (Nr. 6) anhand einer Vorlage selbstständig nach. Wenn der Proband bei der Aufgabe 5 und 6 nur null oder einen Punkt erzielte, wurde mit vier leichteren Mustern in absteigender Reihenfolge weitergemacht (Muster Nr. 1 bis Nr. 4), bis zwei aufeinanderfolgende Muster mit zwei Punkten bewertet worden waren. Trat dies ein, wurde mit Muster Nr. 7 fortgefahren und für die übriggebliebenen leichteren Aufgaben sind jeweils zwei Punkte gutgeschrieben worden. Probanden, die die einfacheren Muster übersprungen haben, erhielten für diese die Höchstpunktzahl. Die Muster Nr. 6 bis Nr. 14 waren auf einer Mustervorlage gedruckt, die Muster Nr. 1 bis Nr. 5 wurden vom Testleiter vorgegeben. Es kam zum endgültigen Abbruch des Testes, wenn der Proband bei vier aufeinanderfolgenden Aufgaben null Punkte erzielte. Maximal konnten 68 Punkte erreicht werden (Wechsler und Aster, 2006).

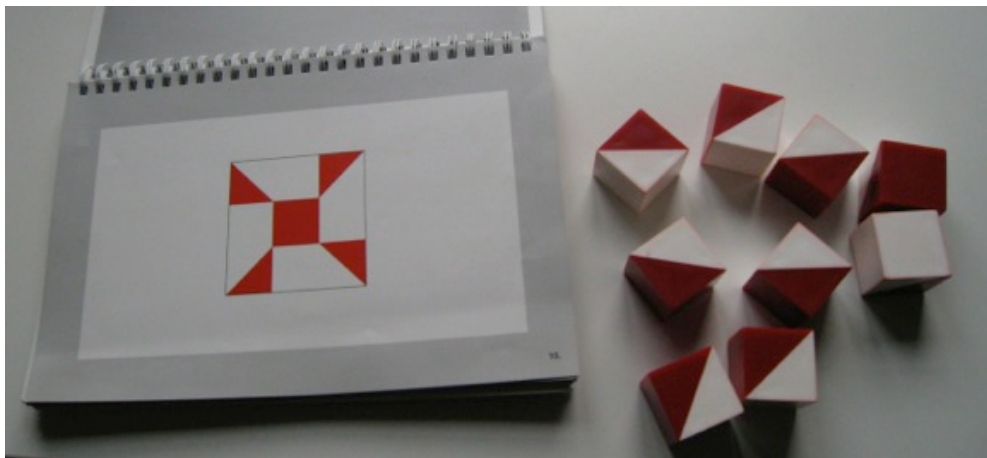


ABBILDUNG 10: *Mosaik-Test mit neun gleichartigen rot und weiß bemusterten Würfeln und den dazugehörigen Mustervorlagen*

2.4.4 Grundsätzliches zur konfiguralen und elementaren Testung

Die Anreicherung der Mischungen und Komponenten zum Probanden erfolgte bei der konfiguralen und elementaren Riechtestung nach dem gleichen Verfahren. Zuerst wurde der Deckel des entsprechenden Glases in geringer Entfernung zur Nase des Probanden geöffnet und ungefähr 2 cm unter die Nasenlöcher des Probanden gehalten. Nach etwa 3 s wurde der Deckel wieder verschlossen. Die Probanden konnten so oft wie nötig an den Gerüchen

riechen, um eine Entscheidung zu treffen. In der elementaren Testung wurde die Antwortzeit auf annäherungsweise 50 s beschränkt (Beispielprotokoll für die Präsentation der Mischungen und Komponenten siehe Anhang 7.6).

2.4.4.1 Konfigurale Testung

Typizitätsbewertung: Nach dem Riechen sollten die Probanden bewerten, ob die Komponenten und Mischungen ein gutes Beispiel für einen Ananasgeruch (für M2, M2b, EM, EI) oder für einen Grenadinegeruch (für M6, M6b, VL, FB, EA, IN, IA, DC) sind. Die Probanden antworteten mithilfe einer unmarkierten Skala von „Nicht ganz“ (linke Seite der Skala) bis „Total“ (rechte Seite der Skala; Abb. 11). Um die Probanden mit der Skala vertraut zu machen, wurden zunächst zwei Trainingsfragen eingesetzt. Eine Frage war gleich mit dem präsentierten Geruch (die Pfefferminz-Typizität sollte nach der Präsentation eines Pfefferminzgeruches bewertet werden). Während die zweite Frage verschiedenartig vom präsentierten Geruch war, sodass die Probanden die linke Seite der Skala anwendeten (die Brot-Typizität sollte nach der Präsentation eines Fischgeruches bewertet werden). Nach dieser Übung wurden zunächst die Mischungen präsentiert (M2, M2b, M6, M6b) und anschließend die Komponenten (EM, EI, VL, FB, EA, IN, IA, DC). Dadurch wurde vermieden, dass die Probanden eine elementare Verarbeitung favorisierten (Berre et al., 2008a; Berre et al., 2010). Innerhalb der vier Mischungen und innerhalb der acht Komponenten wurde die Präsentation nach dem Williams-Quadrat (mit jeweils vier und acht Ziffern) randomisiert.

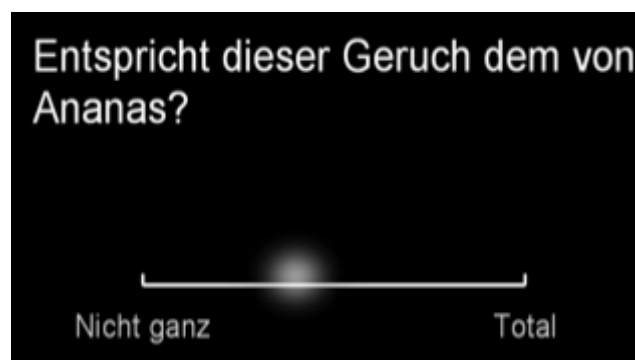


ABBILDUNG 11: Ausschnitt aus einem Screenshot der Typizitätsbewertung mit der Fragestellung für den Ananasgeruch M2 (favorisierte eine konfigurale Geruchswahrnehmung), für den Ananasgeruch M2b (favorisierte keine konfigurale Geruchswahrnehmung) sowie für deren Komponenten EM (Ethylmaltol, ähnlich wie Karamellgeruch) und EI (Ethylisobutyrat, ähnlich wie Erdbeergeruch)

Komplexitätsbewertung: Anschließend wurden den Probanden die Mischungen und Komponenten ein weiteres Mal in der gleichen Reihenfolge wie bei der Typizitätsbewertung zur Bestimmung der Komplexität präsentiert. Die Teilnehmer sollten entscheiden, wie viele einzelne Gerüche sie wahrnehmen können. Auf dem Bildschirm erschien die Frage: „Wie viele Gerüche können Sie wahrnehmen?“ (Abb. 12). Die erkannte Geruchsanzahl sollte durch Drücken der entsprechenden Zahlen auf der Tastatur bestätigt werden. Bei mehr als sechs registrierten Gerüchen wurde die Zahl sechs auf der Tastatur verwendet.

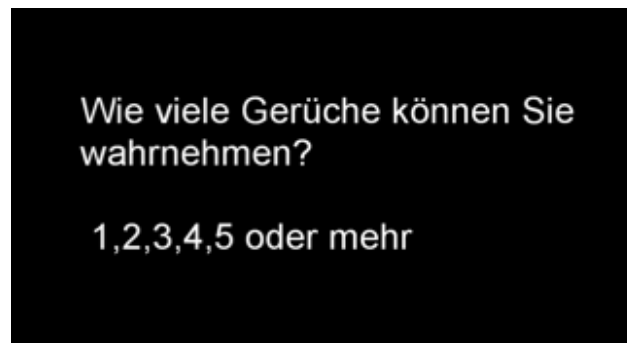


ABBILDUNG 12: Ausschnitt aus einem Screenshot der Komplexitätsbewertung

2.4.4.2 Elementare Testung

Training: Die Probanden erhielten zwei Trainingseinheiten, um sechs Komponenten (A bis F) zu lernen. Zur Festigung der Komponenten im Gedächtnis lagen die beiden Trainingstermine mindestens einen Tag bis maximal drei Tage auseinander. Es mussten im Training zumindest 75 % der Gerüche korrekt identifiziert werden, sonst führte dies zum Ausschluss aus der Studie. Vor Beginn des Trainings hatten die Probanden an allen sechs Komponenten einmal gerochen, wobei die jeweilige Geruchsrichtung mündlich mitgeteilt wurde. Die sechs Gläser mit den enthaltenen Komponenten befanden sich in einer Schale oder im Pappkarton auf dem Schoß des Testleiters. Die Codenummern auf den Gläsern wurden von der anreichenden Hand bedeckt, sodass der Proband diese nicht sehen konnte. Es wurde zusätzlich darauf geachtet, dass der Proband während dieses Experimentes auf den Computerbildschirm blickte. Dann erfolgte eine Präsentation der Komponenten nach dem Williams-Quadrat (mit sechs Ziffern). In jeder Trainingseinheit wurde jede Komponente dem Probanden sechsmal präsentiert. Diese bestätigten den identifizierten Geruch auf einer Skala mithilfe der Computermouse (Abb. 13). Nach jeder Frage erhielten die Probanden vom Testleiter ein Feedback, ob der Geruch korrekt identifiziert worden war oder nicht. Bei einer nicht korrekten Erkennung wurde dem Probanden der richtige Name des Geruches mitgeteilt.

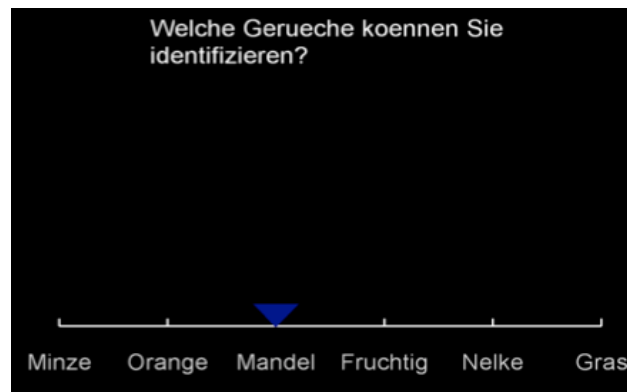


ABBILDUNG 13: Ausschnitt aus einem Screenshot der elementaren Testung

Testung: Nach dem zweiten Training startete die elementare Testung nach einer 3-minütigen Pause. Den Probanden wurden insgesamt 23 Gerüche (Komponenten A bis F und deren 17 Mischungen) in randomisierter Reihenfolge nach dem Williams-Quadrat (mit 23 Ziffern) vorgestellt. Die Bildschirmpräsentation war mit der des Trainings identisch (Abb. 13). Die Probanden sollten alle wahrzunehmenden erlernten Gerüche auf der Skala markieren. Bei jeder Geruchspräsentation (1 Glas) waren etwa 50 s Zeit zum Antworten mit einer darauffolgenden Pause von 30 s.

2.5 Auswertung

Die Generierung der grafischen Darstellungen erfolgte mit dem Programm Microsoft Excel 2011 (Microsoft, Redmond, USA).

Für die statistische Auswertung wurde das Programm SPSS (Statistical Packages for the Social Sciences, Version 22, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) eingesetzt. Das „verallgemeinerte lineare gemischte Modell“ fand Anwendung in der Auswertung des Identifikationstestes, der Selbstfragebögen (AQ, EQ, SQ), des Mosaik- und Navon-Testes sowie der konfiguralen und elementaren Testung. Als Post-hoc-Test wurde der LSD („least significant difference“) benutzt. Die festen Effekte waren: Gruppe, Duft, Gruppe*Duft (paarweise), Gruppe*Test (AQ, EQ, SQ) (paarweise). Die Freiheitsgrade F sind in eckigen Klammern angegeben worden. Für die Analyse der lokalen visuellen Fähigkeiten zwischen Probanden mit HFA und Asperger-Syndrom wurde der Mann-Whitney-U-Test genutzt. Hierfür wurde ein nicht parametrisches Testverfahren ausgewählt, da die Anzahl der HFA-Gruppe klein war.

Das Signifikanzniveau p wurde mit 0,05 angegeben. Das Konfidenzniveau betrug 95 %.

3 ERGEBNISSE

3.1 Konfigurale Geruchswahrnehmung

Die Probanden bewerteten die Mischungen und deren enthaltenen Komponenten dahingehend, inwieweit diese dem Geruch nach Ananas oder Grenadine entsprachen. Die Typizität wurde unter Einsatz einer unmarkierten Skala von 0 % (der Proband empfand den Geruch als nicht typisch) bis 100 % (der Proband empfand den Geruch als vollkommen typisch) bestimmt.

3.1.1 Ananas-Typizität

ASS-Gruppe: Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit bewerteten die Typizität von M2 signifikant höher als dessen enthaltenen Komponenten (EI: $p < .001$; EM: $p = .031$; Abb. 14). Weiterhin unterschieden sich in der ASS-Gruppe die Typizitäten von M2b im Vergleich zu M2 signifikant voneinander ($p < .001$; Abb. 14).

Kontrollgruppe: In der normotypischen Gruppe war die Typizität von EI im Unterschied zu M2 signifikant geringer bewertet worden ($p < .001$; Abb. 14). Bei der Evaluierung der Typizität von EM gegenüber zu M2 gab es keinen signifikanten Unterschied ($p = .214$; Abb. 14). Im Vergleich der Typizitätsbewertungen zwischen M2 und M2b gab es in der Kontrollgruppe gleichermaßen keinen signifikanten Unterschied ($p = .110$; Abb. 14).

Vergleich beider Gruppen: Zwischen den Bewertungen der Typizitäten M2 ($F [1,192] = .001$, $p = .976$), EM ($F [1,192] = .072$, $p = .403$) und EI ($F [1,192] = .223$, $p = .638$) gab es zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede (Abb. 14). Die ASS-Gruppe stufte die Typizität von M2b im Gegensatz zur Kontrollgruppe signifikant niedriger ein ($F [1,192] = 4.213$, $p = .041$; Abb. 14).

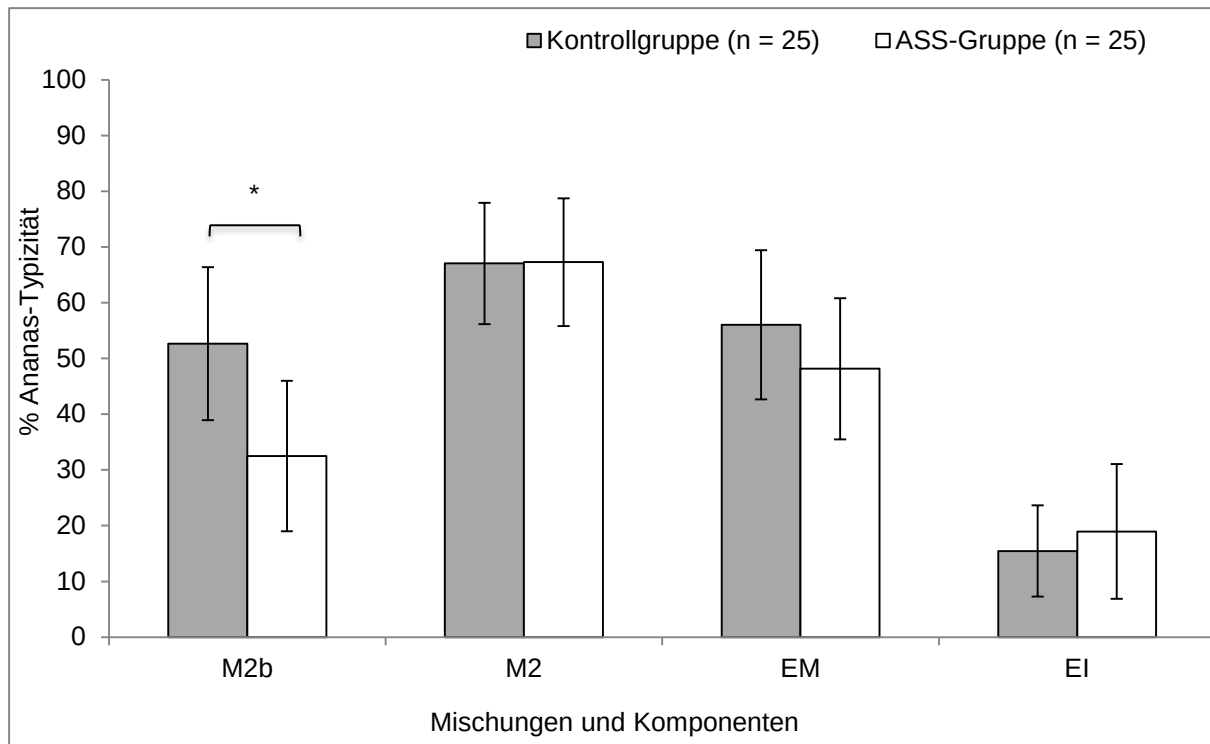


ABBILDUNG 14: Vergleich der Ananas-Typizität zwischen den Gruppen: Darstellung der Mittelwerte (± 95 % Konfidenzintervall); Signifikanz (*); n = Anzahl; die Probanden bewerteten die Ananas-Typizitäten sowohl von den einzelnen Komponenten EM (Ethylmaltol, ähnlich wie Karamellgeruch) und EI (Ethylisobutyrat, ähnlich wie Erdbeergeruch) als auch von M2 (30 % IE/70 % EM) und M2b mit verschiedenen Proportionen (70 % IE/30 % EM); die Typizität wurde mithilfe einer unmarkierten Skala von 0 % (der Proband empfand den Duft als nicht typisch) bis 100 % (der Proband empfand den Duft als vollkommen typisch) bewertet; weitere signifikante Ergebnisse innerhalb der Gruppen: in der ASS-Gruppe wurde die Typizität von M2 signifikant höher bewertet als die Typizitäten von EM, EI und M2b; in der Kontrollgruppe wurde die Typizität von M2 signifikant höher bewertet als EI

3.1.2 Grenadine-Typizität

ASS-Gruppe: Autistische Teilnehmer bewerteten die Typizität von M6 signifikant höher als dessen Komponenten (IA: $p = .001$; DC: $p < .001$; FB: $p < .001$; IN: $p < .001$, EA: $p < .001$; VL: $p < .001$; Abb. 15). Die Beurteilung der Typizität von M6b war im Unterschied zu M6 signifikant geringer ($p = .008$; Abb. 15).

Kontrollgruppe: Die Kontrollprobanden bewerteten die Typizität von M6 signifikant höher als die enthaltenen Komponenten (IA: $p = .001$; DC: $p < .001$; FB: $p < .001$; IN: $p < .001$, EA: $p < .001$; VL: $p < .001$; Abb. 15). Beim Vergleich der Typizitätsbewertungen zwischen M6 und M6b gab es keinen signifikanten Unterschied ($p = .710$; Abb. 15).

Vergleich beider Gruppen: Bei den Mischungen sowie bei den Komponenten gab es zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede (M6b: $F [1,384] = 2.134$, $p = .145$; M6: $F [1,384] = .609$, $p = .436$; IA: $F [1,384] = .354$, $p = .552$; DC: $F [1,384] = .000$, $p = .992$; FB: $F [1,384] = .001$, $p = .979$; IN: $F [1,384] = 2.358$, $p = .125$; EA: $F [1,384] = .342$, $p = .559$; VL: $F [1,384] = .398$, $p = .528$; Abb. 15).

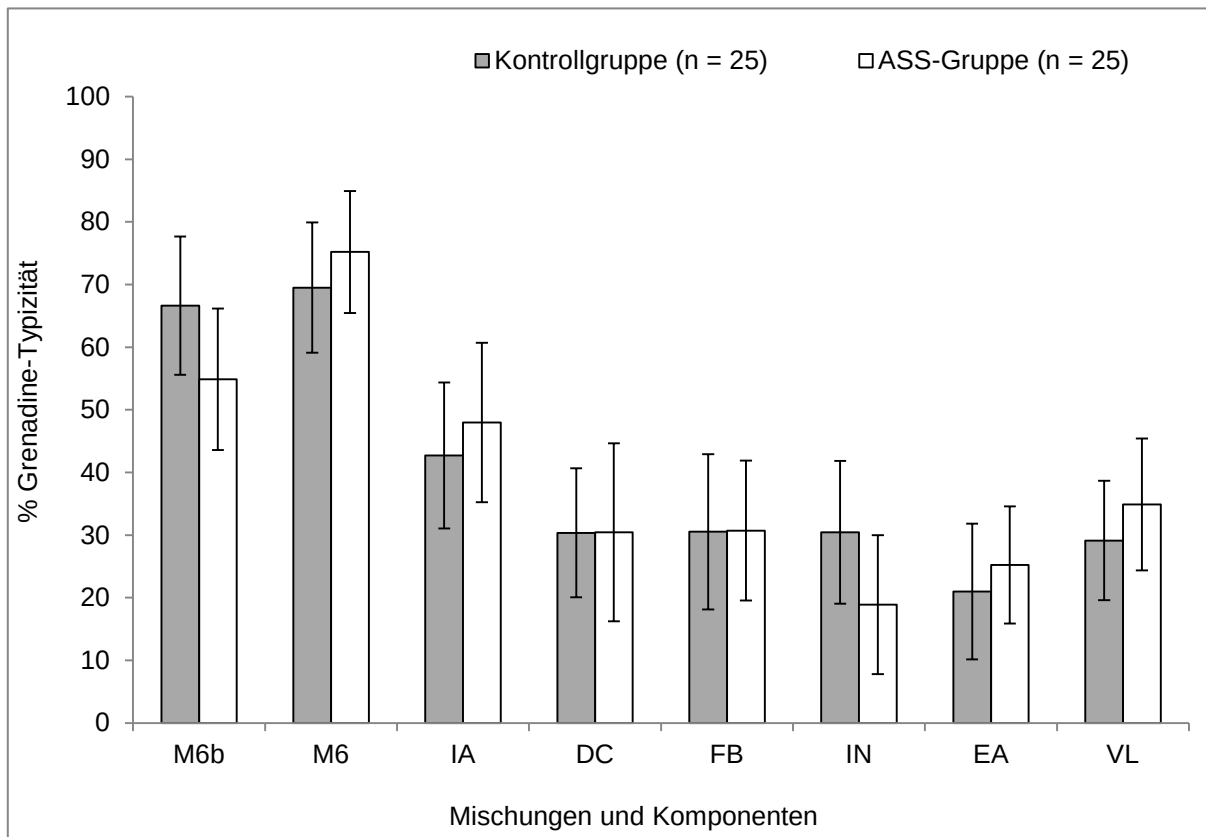


ABBILDUNG 15: Vergleich der Grenadine-Typizität zwischen den Gruppen: Darstellung der Mittelwerte (± 95 % Konfidenzintervall); n = Anzahl; die Probanden bewerteten die Grenadine-Typizitäten sowohl von den einzelnen Komponenten IA (Isoamylacetat, ähnlich wie Bananengeruch), DC (Damascenone, ähnlich wie Kampfergeruch, FB (Frambinone, ähnlich wie Himbeergeruch), IN (Beta-Ionone, ähnlich wie Veilchengeruch), EA (Ethylacetat, ähnlich wie Lösungsmittelgeruch), VL (Vanillin, ähnlich wie Vanillegeruch) als auch von M6 (20 % VL/20 % FB/2 % EA/20 % IN/24 % IA/14 % DC) und M6b (5 % VL/4,3 % FB/4,3 % EA/41,8 % IN/4,3 % IA/41,8 % DC) mithilfe einer unmarkierten Skala von 0 % (der Proband empfand den Duft als nicht typisch) bis 100 % (der Proband empfand den Duft als vollkommen typisch); weitere signifikante Ergebnisse innerhalb der Gruppen: in der ASS-Gruppe wurde die Typizität von M6 signifikant höher bewertet als die Typizitäten von IA, DC, FB, IN, EA, VL und M6b; in der Kontrollgruppe wurde die Typizität von M6 signifikant höher bewertet als die Typizitäten von IA, DC, FB, IN, EA und VL

3.1.3 Komplexitätsbewertung

Die Komplexität der Komponenten und deren Mischungen konnte mit jeder beliebigen natürlichen Zahl, außer mit null, angegeben werden.

Die Teilnehmer der Kontrollgruppe schätzten die Komplexität von EI signifikant höher ein gegenüber der ASS-Gruppe ($F [1,576] = 4,290$, $p = .039$; Abb. 16). Zwischen den anderen Mischungen und Komponenten gab es beim Gruppenvergleich keine signifikanten Unterschiede (M2b: $F [1,576] = .603$, $p = .438$; M2: $F [1,576] = 1.000$, $p = 1.00$; EM: $F [1,576] = 1.449$, $p = .229$; M6b: $F [1,576] = 2.751$, $p = .098$; M6: $F [1,576] = 1.014$, $p = .314$; IA: $F [1,576] = 1.904$, $p = .168$; DC: $F [1,576] = 1.486$, $p = .223$; FB: $F [1,576] = .447$, $p = .504$; IN: $F [1,576] = .578$, $p = .448$; EA: $F [1,576] = .351$, $p = .554$; VL: $F [1,576] = .112$, $p = .738$; Abb. 16).

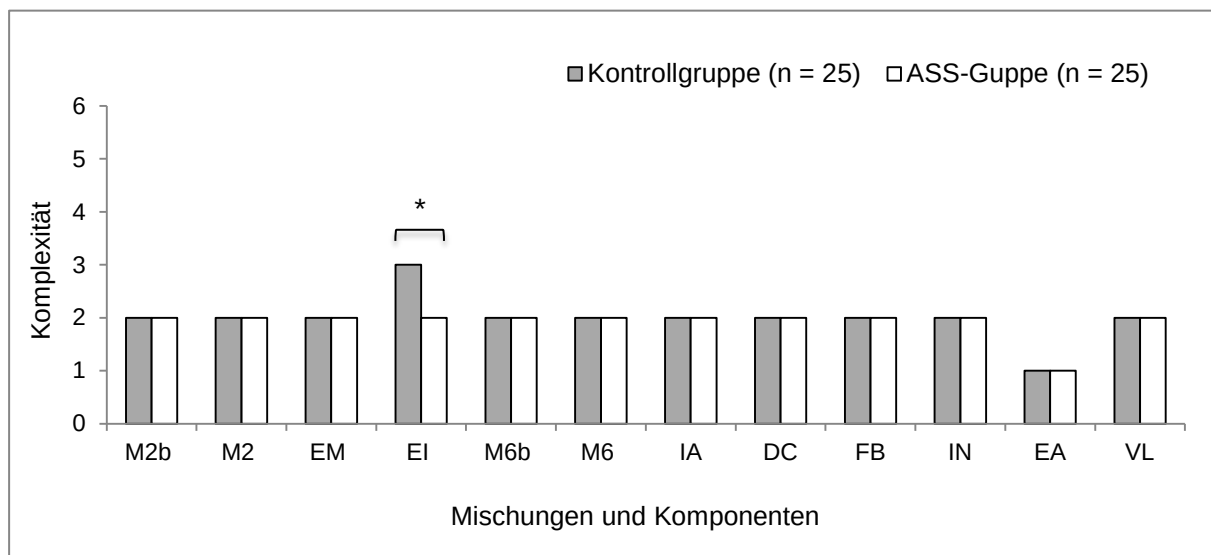


ABBILDUNG 16: Vergleich der Komplexitätsbewertungen zwischen den Gruppen: Darstellung der Medianwerte; Signifikanz (*); n = Anzahl; die Probanden bewerteten die Komplexität von M2 (30 % IE/70 % EM), von M2b mit verschiedenen Proportionen (70 % IE/30 % EM), von EM (Ethylmaltol, ähnlich wie Karamellgeruch), von EI (Ethylisobutytrat, ähnlich wie Erdbeergeruch), von M6 (20 % VL/20 % FB/2 % EA/20 % IN/24 % IA/14 % DC), von M6b (5 % VL/4,3 % FB/4,3 % EA/41,8 % IN/4,3 % IA/41,8 % DC), von FB (Frambinone, ähnlich wie Himbeergeruch), von IN (Beta-Ionone, ähnlich wie Veilchengeruch), von IA (Isoamylacetat, ähnlich wie Bananengeruch), von DC (Damascenone, ähnlich wie Kampfergeruch), von VL (Vanillin, ähnlich wie Vanillegeruch) sowie von EA (Ethylacetat, ähnlich wie Lösungsmittelgeruch); für die Komplexität konnte jede beliebige natürliche Zahl (außer der null) gewählt werden

Es kann zusammengefasst werden, dass in der konfiguralen Geruchswahrnehmung keine Beeinträchtigungen in der autistischen Gruppe vorzufinden waren.

3.2 Elementare Geruchswahrnehmung

Für die elementare Testung trainierten die Teilnehmer zunächst die Identifikation von sechs Komponenten. Jede Komponente wurde dem Probanden insgesamt zwölfmal präsentiert (innerhalb von zwei Trainingseinheiten). Im anschließenden elementaren Test wurden die sechs Komponenten in verschiedenen Mischungen verwendet.

3.2.1 Training

Es gab zwischen den beiden Gruppen im Training keine signifikanten Unterschiede (Komponente A: $F [1,288] = 2.135$, $p = .145$; Komponente B: $F [1,288] = 2.045$, $p = .154$; Komponente C: $F [1,288] = 1.245$, $p = .265$; Komponente D: $F [1,288] = 2.571$, $p = .110$; Komponente E: $F [1,288] = 1.903$, $p = .169$; Komponente F: $F [1,288] = .110$, $p = .741$; Abb. 17).

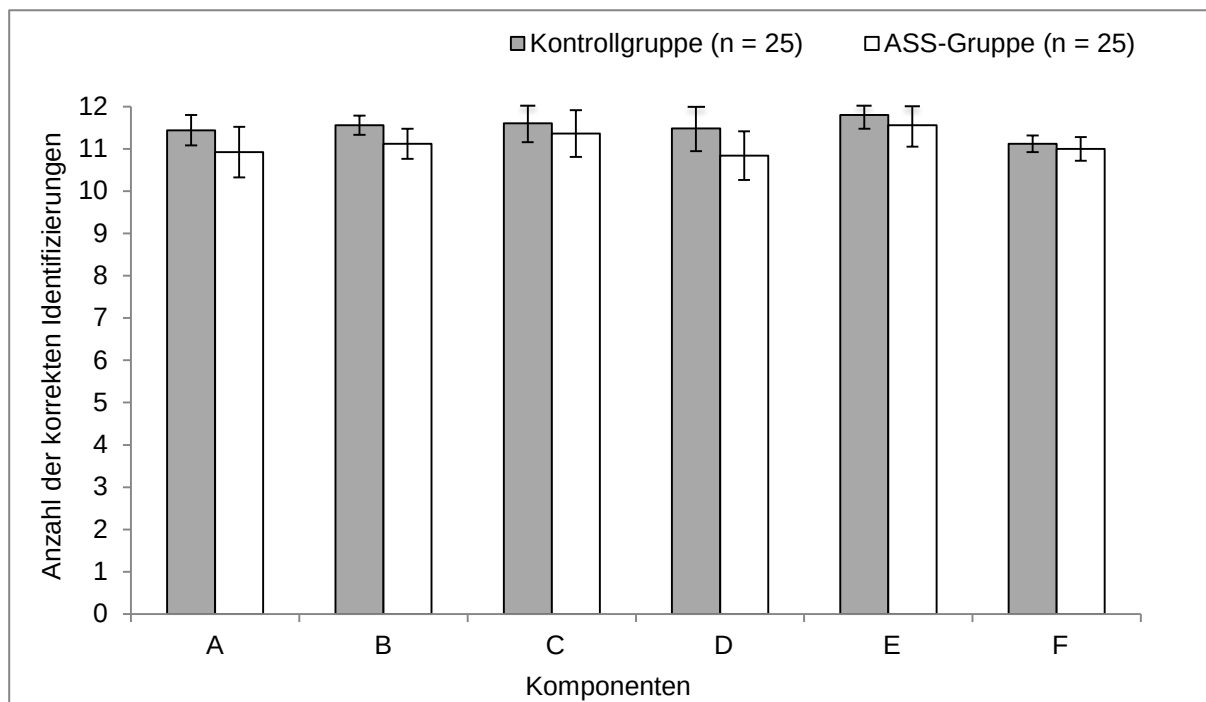


ABBILDUNG 17: Vergleich der korrekten Identifikationen im Training zwischen den Gruppen: Darstellung der Mittelwerte ($\pm 95\%$ Konfidenzintervall); n = Anzahl; es gab insgesamt zwei Trainingseinheiten, bei denen die Komponenten A (Carvon, ähnlich wie Minzgeruch), B (Benzaldehyd, ähnlich wie Mandelgeruch), C (Cis-3-Hexanol, ähnlich wie Grasgeruch), D (Limonen, ähnlich wie Orangengeruch), E (Eugenol, ähnlich wie Nelkengeruch), F (Ethyl-n-butyrat, ähnlich wie fruchtiger Geruch) dem Probanden jeweils sechsmal zur Identifikation präsentiert worden sind; insgesamt identifizierte jeder Proband jede Geruchskomponente zwölfmal

3.2.2 Treffer

Für jeden Probanden wurde die Anzahl der Treffer (absolut/bedingt) für die Komponenten und für deren Mischungen bestimmt.

Beispiel:

Mischungen mit zwei Komponenten	AB	AD	BE	CE	CF	DF
Antworten des Probanden	AB	ADF	BE	CEA	C	DF

Treffer (absolut): Drei Mischungen (AB, BE, DF) wurden korrekt vom Probanden identifiziert. Das sind in der Gesamtheit sechs Komponenten. Die maximale Komponentenanzahl von allen sechs Mischungen mit zwei Komponenten war zwölf (AB, AD, BE, CE, CF, DF). Berechnung Treffer (absolut): $6/12 = 50\%$.

Treffer (bedingt): Es wurden sämtliche korrekte Antworten gezählt, selbst wenn der Proband weniger oder zusätzliche falsche Komponenten identifizierte. In diesem Beispiel sind es insgesamt elf richtig erkannte Komponenten (AB, AD, BE, CE, C, DF). Die maximale Komponentenanzahl von allen 2-Komponenten-Mischungen war zwölf (AB, AD, BE, CE, CF, DF). Berechnung Treffer (bedingt): $11/12 = 92\%$.

Vergleich beider Gruppen (Treffer, absolut): Bei der Gegenüberstellung der absoluten Anzahl der Treffer gab es zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede (1 Komponente: $F [1,288] = .006$, $p = .936$; 2 Komponenten: $F [1,288] = 1.979$, $p = .161$; 3 Komponenten: $F [1,288] = .857$, $p = .355$; 4 Komponenten: $F [1,288] = 2.087$, $p = .150$; 5 Komponenten: $F [1,288] = .000$, $p = 1.000$; 6 Komponenten: $F [1,288] = .000$, $p = 1.000$; Abb. 18).

Vergleich beider Gruppen (Treffer, bedingt): Die Kontrollgruppe erzielte signifikant mehr bedingte Treffer als die ASS-Gruppe bei Mischungen mit zwei Komponenten ($F [1,288] = 7.689$, $p = .006$; Abb. 18). Bei den Komponenten selbst sowie bei Mischungen mit drei, vier, fünf und sechs Komponenten gab es bei der Anzahl der bedingten Treffer keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen (1 Komponente: $F [1,288] = 1.987$, $p = .160$; 3 Komponenten: $F [1,288] = .508$, $p = .476$; 4 Komponenten: $F [1,288] = .010$, $p = .919$; 5 Komponenten: $F [1,288] = .026$, $p = .873$; 6 Komponenten: $F [1,288] = 3.390$, $p = .067$; Abb. 18).

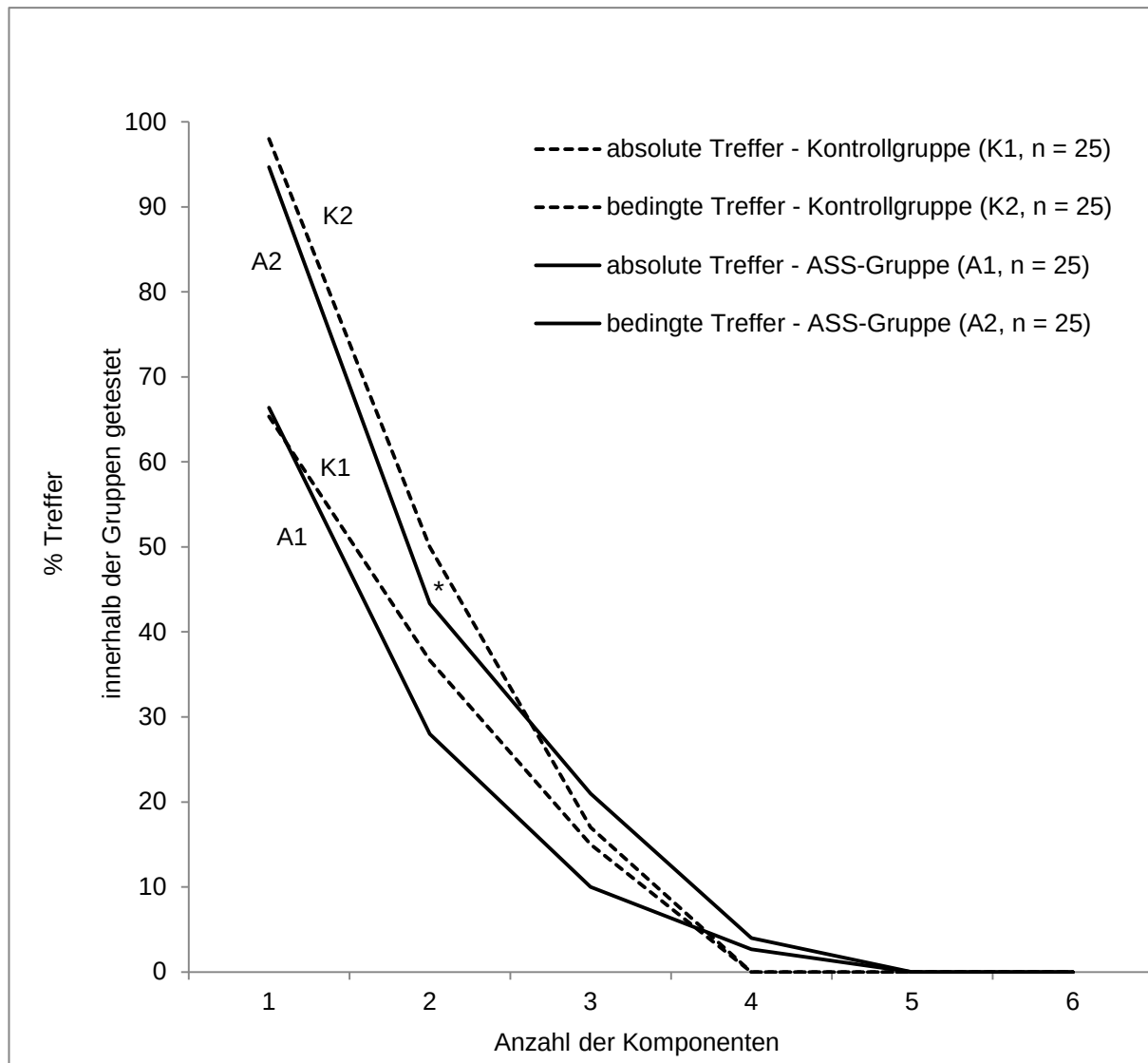


ABBILDUNG 18: Vergleich der Treffer (absolut/bedingt) zwischen den Gruppen. Darstellung der Mittelwerte; Signifikanz (*); n = Anzahl; insgesamt wurden jedem Probanden sechs Komponenten (A, B, C, D, E, F), sechs Mischungen mit zwei Komponenten (AB, AD, BE, CE, CF, DF), vier Mischungen mit drei Komponenten (ACD, AEF, BDF, BCE), drei Mischungen mit vier Komponenten (ABDE, ACEF, BCDF), drei Mischungen mit fünf Komponenten (ABCDE, ABCDF, ABCEF) und eine Mischung mit sechs Komponenten (ABCDEF) präsentiert; bei den absoluten Treffern wurden ausschließlich korrekte Antworten gezählt; bei den bedingten Treffern wurden alle richtigen Antworten, ungeachtet von weniger oder falschen Geruchsidentifikationen, gezählt

3.2.3 Fehlalarm-Rate

Die Fehlalarm-Rate wurde folgendermaßen berechnet:

$$\frac{\text{Anzahl der falschen Komponenten}}{\text{Gesamtanzahl der möglichen falschen Komponenten}}$$

Beispiel: Es wurde eine Mischung mit drei Komponenten (A, B und D) präsentiert. Der Versuchsteilnehmer ermittelte darauf die Komponenten A, B, C, E und F. Die Anzahl der falschen Komponenten beträgt in diesem Exempel drei (für die Komponenten C, E, F). Die Gesamtanzahl der möglichen Fehlalarme ist drei (da bei einer 3-Komponenten-Mischung insgesamt drei falsche Antworten möglich sind). Die Fehlalarm-Rate berechnet sich folgendermaßen: $\frac{3}{3} = 100\%$. Wenn ein Proband dazu tendierte, zusätzliche Komponenten auszuwählen, um die Möglichkeit für Treffer zu erhöhen, desto mehr nahm die Fehlalarm-Rate zu.

Vergleich beider Gruppen: Bei 3-Komponenten-Mischungen hatten Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit signifikant zusätzliche falsche Komponenten identifiziert als die Kontrollgruppe ($F [1,288] = 4.080$, $p = .044$; Abb. 19). Bei Mischungen, die aus ein, zwei, vier und fünf Komponenten bestanden, gab es keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Fehlalarm-Rate zwischen den Gruppen (1 Komponente: $F [1,288] = .450$, $p = .503$; 2 Komponenten: $F [1,288] = .943$, $p = .332$; 4 Komponenten: $F [1,288] = 2.158$, $p = .143$; 5 Komponenten: $F [1,288] = .000$, $p = 1.000$; Abb. 19). Die 6-Komponenten-Mischung wurde in dieser Auswertung nicht einbezogen, da es nicht möglich war, eine falsche Antwort zu geben.

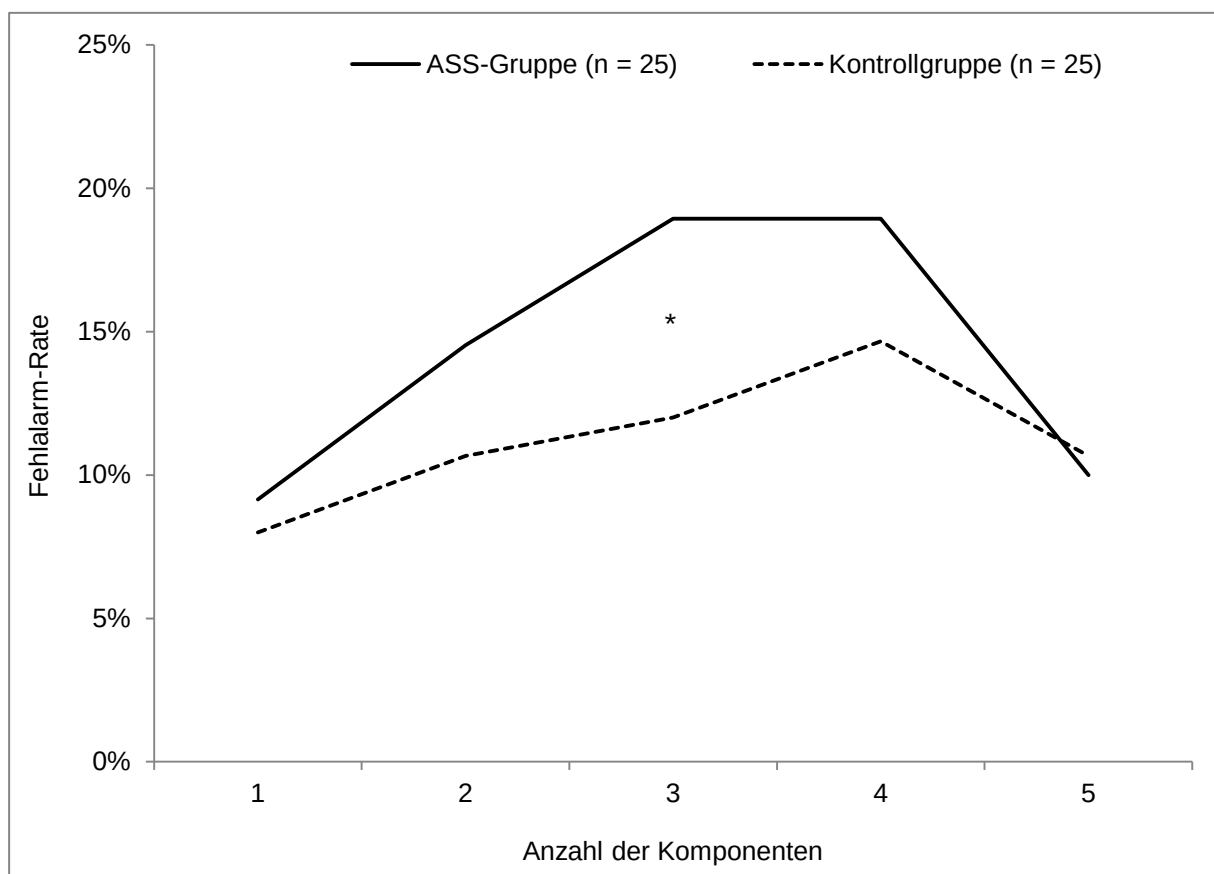


ABBILDUNG 19: Vergleich der Fehlalarm-Rate zwischen den Gruppen: Darstellung der Mittelwerte; Signifikanz (*); n = Anzahl; insgesamt wurden jedem Probanden sechs Komponenten (A, B, C, D, E, F), sechs Mischungen mit zwei Komponenten (AB, AD, BE, CE, CF, DF), vier Mischungen mit drei Komponenten (ACD, AEF, BDF, BCE), drei Mischungen mit vier Komponenten (ABDE, ACEF, BCDF), drei Mischungen mit fünf Komponenten (ABCDE, ABCDF, ABCEF) und eine Mischung mit sechs Komponenten (ABCDEF) präsentiert; Fehlalarm-Rate: Anzahl der falschen Komponenten dividiert durch die Gesamtanzahl der möglichen falschen Komponenten

Bei der Geruchswahrnehmung konnte in dieser Studie in Zusammenschau der Ergebnisse keine elementare Präferenz in der ASS-Gruppe erfasst werden.

3.3 Navon-Test

Im Navon-Test bewertete jeder Proband insgesamt 16 Navon-Figuren (acht kongruente, acht inkongruente Navon-Buchstaben). Als Höchstwert für jeden Buchstaben-Typ waren acht richtige Antworten zu erzielen.

Anzahl der Fehler: In der Kontrollgruppe sind signifikant weniger Fehler bei kongruenten Buchstaben gemacht worden im Vergleich zu der ASS-Gruppe ($F [1,96] = 4.971$, $p = .030$; Abb. 20). Bei inkongruenten Buchstaben gab es bezüglich der Anzahl der Fehler keine Unterschiede zwischen den Gruppen ($F [1,96] = .317$, $p = .576$; Abb. 20). Beide Gruppen führten bei kongruenten Buchstaben signifikant weniger Fehler als bei inkongruenten Buchstaben durch (ASS-Gruppe: $F [1,96] = 8.133$, $p < .005$; Kontrollgruppe: $F [1,96] = 21.884$, $p < .001$; Abb. 20).

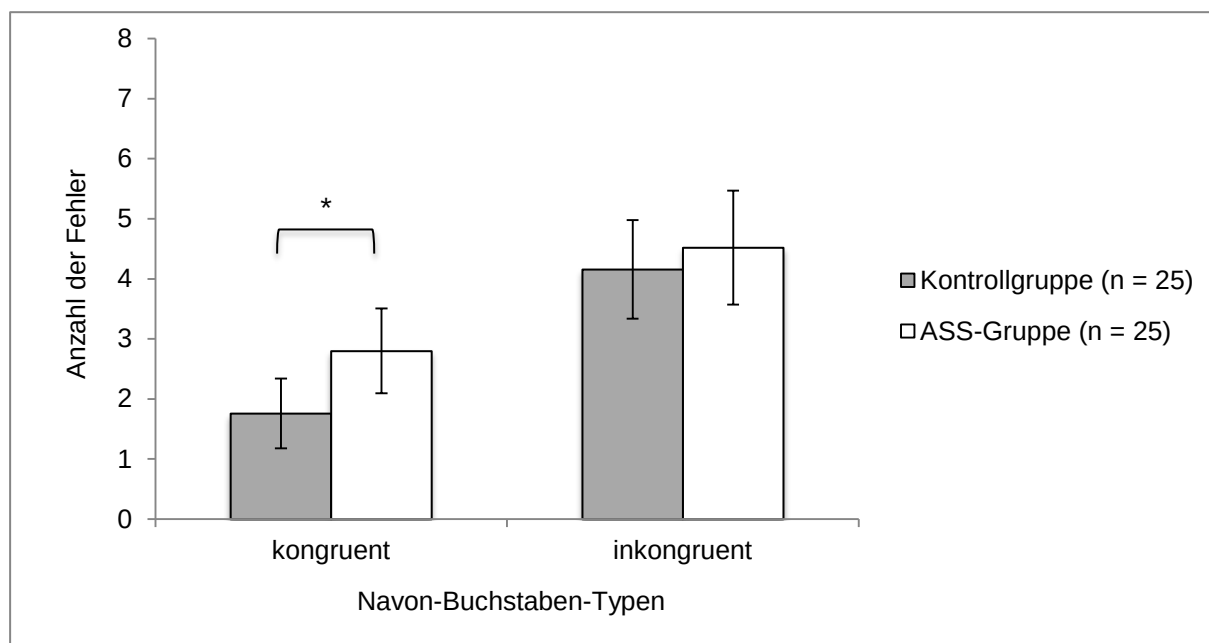


ABBILDUNG 20: Vergleich der Anzahl der Fehler für kongruente und inkongruente Navon-Buchstaben zwischen und innerhalb der Gruppen: Darstellung der Mittelwerte ($\pm$ 95 % Konfidenzintervall); Signifikanz (*); n = Anzahl; insgesamt wurden jedem Probanden 16 Navon-Buchstaben (acht kongruente, acht inkongruente Buchstaben) präsentiert; als Höchstwert für jeden Buchstaben-Typ waren acht richtige Antworten zu erzielen; weitere signifikante Ergebnisse: innerhalb beider Gruppen war die Anzahl der Fehler bei kongruenten Buchstaben signifikant niedriger als bei inkongruenten Buchstaben

Reaktionszeit: Bei kongruenten Buchstaben war die Kontrollgruppe signifikant schneller in der Antwortreaktion ($F [1,48] = 4.680$, $p < .033$; Abb. 21) im Gegensatz zu der ASS-Gruppe. Bei inkongruenten Buchstaben gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($F [1,48] = .504$, $p < .479$; Abb. 21). Innerhalb der Kontrollgruppe und innerhalb der ASS-Gruppe waren die Reaktionszeiten zwischen kongruenten und inkongruenten Buchstaben nicht signifikant unterschiedlich (ASS-Gruppe: $F [1,96] = 1.580$, $p < .212$; Kontrollgruppe: $F [1,96] = .193$, $p < .661$; Abb. 21).

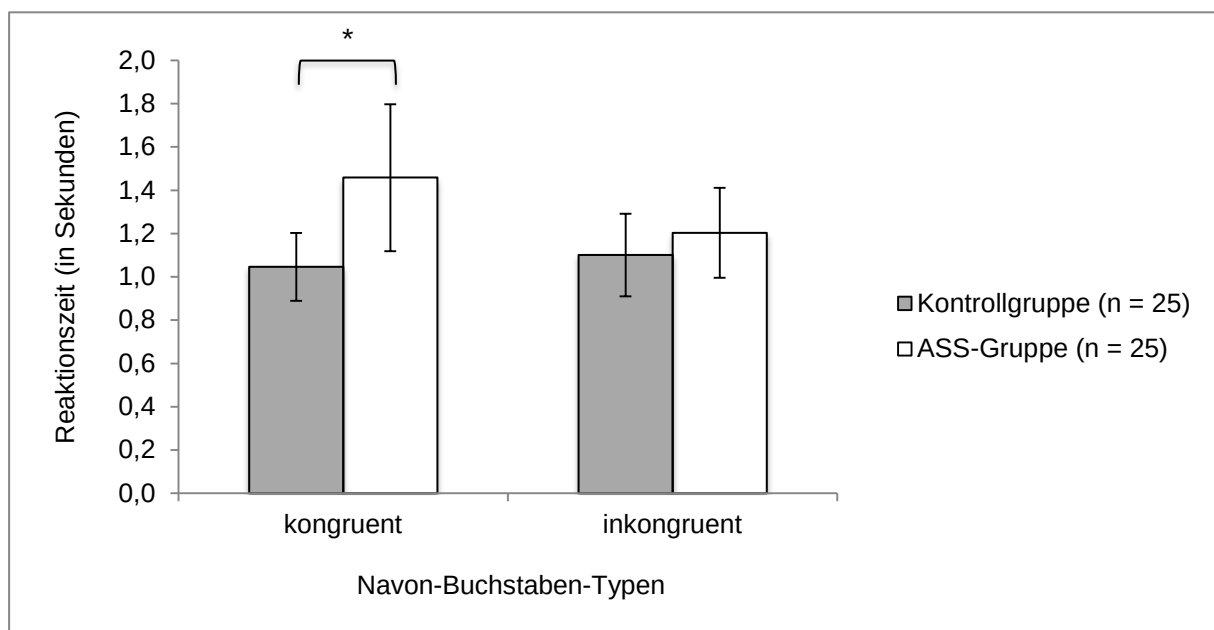


ABBILDUNG 21: Vergleich der Reaktionszeiten für kongruente und inkongruente Navon-Buchstaben zwischen und innerhalb der Gruppen: Darstellung der Mittelwerte ($\pm$ 95 % Konfidenzintervall); Signifikanz (*); n = Anzahl; insgesamt wurden jedem Probanden 16 Navon-Buchstaben (acht kongruente, acht inkongruente Buchstaben) präsentiert

Die Auswertung der Anzahl der Fehler sowie der Reaktionszeit im Navon-Test zeigt in allem keine besseren visuellen lokalen Fähigkeiten bei Probanden mit autistischen Merkmalen.

3.4 Mosaik-Test

Im Mosaik-Test konnte jeder Proband insgesamt 68 Punkte erreichen. Zwischen beiden Gruppen (ASS-Gruppe: $MW = 53,32 \pm 4,31$; Kontrollgruppe: $MW = 50,72 \pm 4,55$) gab es keinen signifikanten Unterschied ($F [1,48] = .701$, $p = .407$). Die ASS-Gruppe zeigte keine besseren visuellen lokalen Fähigkeiten im Mosaik-Test.

3.5 Lokale Fähigkeiten zwischen Probanden mit HFA und Asperger-Syndrom

3.5.1 Navon-Test

Anzahl der Fehler:

Kongruente Buchstaben: Probanden mit einem Asperger-Syndrom erreichten signifikant mehr Fehler als deren Kontrollgruppe ($p = .039$; Abb. 22). Dagegen war zwischen Probanden mit HFA und deren Kontrollgruppe kein signifikanter Unterschied ($p = .686$) bei kongruenten Buchstaben beobachtbar (Abb. 22). Des Weiteren gab es zwischen beiden autistischen Gruppen keinen signifikanten Unterschied bei kongruenten Buchstaben ($p = .592$; Abb. 22).

Inkongruente Buchstaben: Die HFA-Gruppe führte signifikant weniger Fehler als die Asperger-Syndrom-Gruppe durch ($p = .025$; Abb. 22). Zwischen den Gruppen mit einer ASS und deren Kontrollgruppe dagegen gab es keine signifikanten Unterschiede bei inkongruenten Buchstaben (Vergleich Probanden mit Asperger-Syndrom und deren

Kontrollgruppe: $p = .258$; Vergleich Probanden mit HFA und deren Kontrollgruppe: $p = .686$; Abb. 22).

Vergleich kongruente und inkongruente Buchstaben: Innerhalb der Asperger-Syndrom-Gruppe ($p = .003$) und in deren Kontrollgruppe selbst ($p < .001$) waren die Anzahl der Fehler bei inkongruenten Buchstaben signifikant höher (Abb. 22). Innerhalb der HFA-Gruppe ($p = .686$) und in deren Kontrollgruppe selbst ($p = .486$) gab es dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Buchstaben-Typen (Abb. 22).

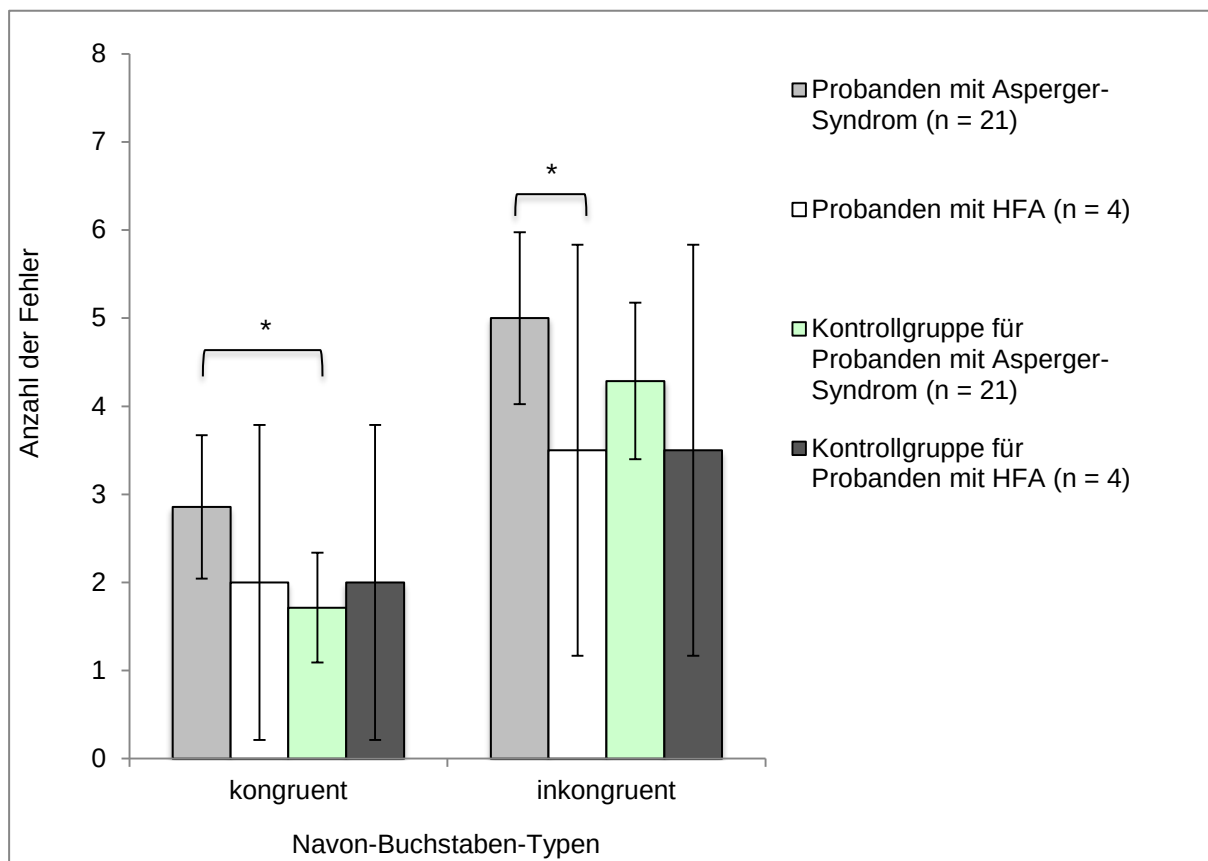


Abbildung 22: Vergleich der Anzahl der Fehler für kongruente und inkongruente Navon-Buchstaben zwischen und innerhalb der Gruppen: Darstellung der Mittelwerte ($\pm 95\%$ Konfidenzintervall); Signifikanz (*); n = Anzahl; insgesamt wurden jedem Probanden 16 Navon-Buchstaben (acht kongruente, acht inkongruente Buchstaben) präsentiert; als Höchstwert für jeden Buchstaben-Typ waren acht richtige Antworten zu erzielen; weitere signifikante Ergebnisse: innerhalb der Asperger-Syndrom-Gruppe und in deren Kontrollgruppe selbst war die Anzahl der Fehler bei inkongruenten Buchstaben signifikant höher

Reaktionszeit:

Kongruente Buchstaben: Bei kongruenten Buchstaben waren Probanden mit einem Asperger-Syndrom signifikant schneller in der Reaktion als Probanden mit einem HFA

($p = .047$; Abb. 23). Zwischen Teilnehmern mit einer ASS und deren Kontrollgruppe bestanden bei kongruenten Buchstaben keine signifikanten Unterschiede (Vergleich Probanden mit Asperger-Syndrom und deren Kontrollgruppe: $p = .296$; Vergleich Probanden mit HFA und deren Kontrollgruppe: $p = .114$; Abb. 23).

Inkongruente Buchstaben: Bei inkongruenten Buchstaben reagierte die Asperger-Syndrom-Gruppe signifikant schneller als die HFA-Gruppe ($p = .038$; Abb. 23). Zwischen den autistischen Gruppen und deren Kontrollgruppe gab es keine signifikanten Unterschiede (Vergleich Probanden mit Asperger-Syndrom und deren Kontrollgruppe: $p = .734$; Vergleich Probanden mit HFA und deren Kontrollgruppe: $p = .200$; Abb. 23).

Vergleich kongruente und inkongruente Buchstaben: Innerhalb der Gruppen waren zwischen beiden Buchstaben-Typen keine signifikanten Unterschiede bemerkbar (Asperger-Syndrom-Gruppe: $p = .414$; HFA-Gruppe: $p = .686$; Kontrollgruppe für Probanden mit Asperger-Syndrom: $p = .890$; Kontrollgruppe für Probanden mit HFA: $p = .886$; Abb. 23).

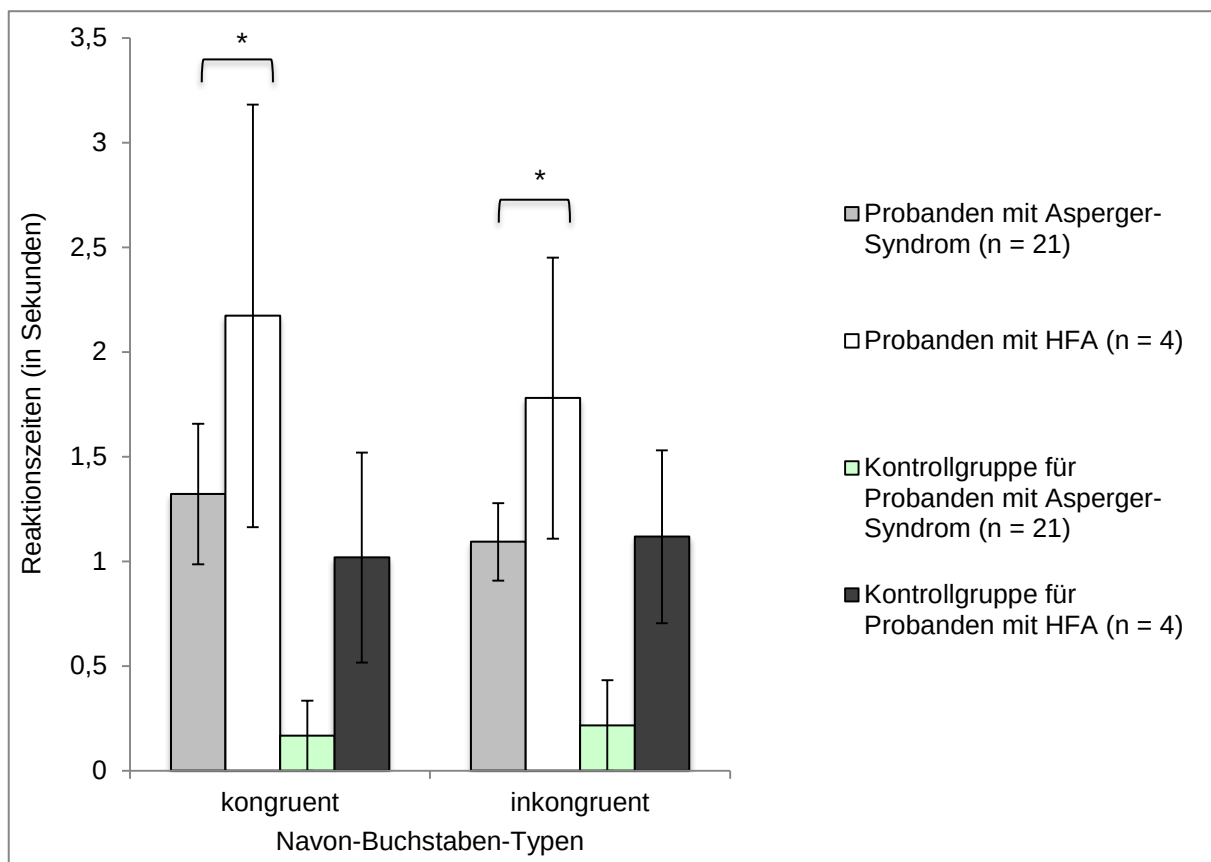


Abbildung 23: Vergleich der Reaktionszeiten für kongruente und inkongruente Navon-Buchstaben zwischen und innerhalb der Gruppen: Darstellung der Mittelwerte ($\pm$ 95% Konfidenzintervall); Signifikanz (*); n = Anzahl; insgesamt wurden jedem Probanden 16 Navon-Buchstaben (acht kongruente, acht inkongruente Buchstaben) präsentiert

In der Gesamtheit führten Probanden mit einem HFA bei inkongruenten Buchstaben weniger Fehler durch im Gegensatz zu Teilnehmern mit einem Asperger-Syndrom. Im Unterschied dazu reagierte die Asperger-Syndrom-Gruppe schneller bei beiden Buchstaben-Typen.

3.5.2 Mosaik-Test

Zwischen Probanden mit Asperger-Syndrom ($MW = 52,00 \pm 10,20$) und HFA ($MW = 60,25 \pm 9,07$) gab es im Mosaik-Test keinen signifikanten Unterschied ($p = .068$). Auch in der Gegenüberstellung der Probanden mit Asperger-Syndrom ($MW = 52,00 \pm 10,20$) mit deren Kontrollgruppe ($MW = 49,62 \pm 11,84$) war kein signifikanter Unterschied zu eruieren ($p = .529$). Zwischen der HFA-Gruppe ($MW = 60,25 \pm 9,07$) und deren Kontrollprobanden ($MW = 56,7 \pm 9,47$) gab es ebenso keinen signifikanten Unterschied ($p = .343$).

4 DISKUSSION

Menschen mit einer ASS verfügen zunehmend über ausgeprägtere elementare und schwächere konfigurale Verarbeitungsstrategien bei visuellen (Joseph und Tanaka, 2003) und auditiven Reizen (Mottron et al., 2000). Aus diesem Grund beschäftigte sich diese Studie mit der Fragestellung, ob Menschen mit einer autistischen Persönlichkeit in der olfaktorischen Wahrnehmung gleichermaßen bessere elementare und schlechtere konfigurale Fähigkeiten aufweisen.

Diese Studie konnte die aufgestellten Hypothesen (Ziel der Arbeit und Hypothesen siehe Kapitel 1.5) nicht bestätigen. Nach Auswertung der Ergebnisse waren in der ASS-Gruppe keine Defizite in der konfiguralen Geruchswahrnehmung zu beobachten. Ebenfalls präsentierte die ASS-Gruppe keine besseren elementaren Fähigkeiten bei der Identifikation von Mischungen im Vergleich zu der Kontrollgruppe. Zudem zeigten Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit keine besseren lokalen Ergebnisse in den visuellen Tests (Navon- und Mosaik-Test). Eine schwache zentrale Kohärenz, wie von Frith (1989) und Frith und Happé (1994) veröffentlicht, wurde in dieser Studie in der ASS-Gruppe in der olfaktorischen Wahrnehmung nicht erfasst. Jedoch stellten sich einige signifikante Unterschiede in der Wahrnehmung von Gerüchen zwischen den beiden Gruppen heraus:

- Im Navon-Test führte die ASS-Gruppe bei kongruenten Buchstaben mehr Fehler durch und sie benötigten eine längere Zeit zum Antworten als die Kontrollprobanden.
- Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit reagierten gegenüber der normotypischen Gruppe sensibler auf eine Modifikation der Konzentration der Komponenten des Ananasgeruches.
- Die ASS-Gruppe konnte im Vergleich zu der Kontrollgruppe weniger Komponenten von 2-Komponenten-Mischungen wahrnehmen (bedingte Treffer).
- Autistische Probanden identifizierten 3-Komponenten-Mischungen weniger akkurat im Unterschied zu normotypischen Studienteilnehmern.

4.1 Konfigurale Geruchswahrnehmung

Entsprechend der Definition von Berre et al. (2008a) entsteht ein Mischungseffekt („blending effect“), wenn die Typizität der Ananas- und Grenadine-Mischung signifikant höher bewertet wird als die der einzelnen Komponenten selbst. Lediglich die Mischung kann den für uns bekannten Geruch nach Ananas oder Grenadine darstellen. Dies entspricht demzufolge einer konfiguralen Geruchswahrnehmung.

Die Wahrnehmung der Grenadine-Mischung (M6) erfolgte in dieser Studie von beiden Gruppen auf eine konfigurale Art und Weise (vgl. Abb. 15). Demgegenüber wurde die Ananas-Mischung (M2) im Gegensatz dazu alleinig von der ASS-Gruppe konfigural wahrgenommen. Die Kontrollgruppe bewertete beim Ananasgeruch ausschließlich die Typizität von Ethylisobutyrat signifikant geringer als die Typizität des Ananasgeruches (M2; vgl. Abb. 14). Ein Grund für die fehlende konfigurale Wahrnehmung der Ananas-Mischung in der normotypischen Gruppe kann zum einen die Stichprobengröße sein. Wobei dagegen in der Studie von Berre et al. (2008a) für dieses Experiment gleichermaßen keine größere Probandenanzahl (20 Probanden) untersucht worden ist. Zum anderen ist an der Auswertung (vgl. Abb. 14) eine hohe Beurteilung der Typizität von Ethylmaltol von beiden Gruppen erkennbar. In der Publikation von Berre et al. (2008a) wurde nicht das Mischungsverhältnis für den Ananasgeruch veröffentlicht und es fehlten Angaben zu Verdünnungen der Komponenten. Demzufolge differierte in dieser Arbeit der verwendete Ananasgeruch und die Komponenten gegenüber der Untersuchung von Berre et al. (2008a). Das kann eine zweite Erklärungsmöglichkeit für die höhere Typizitätsbewertung von Ethylmaltol in der Kontrollgruppe sein. Insgesamt gesehen war indessen eine Tendenz für eine konfigurale Wahrnehmung der Ananas-Mischung (M2) in der Kontrollgruppe beobachtbar, obgleich nicht alle Komponenten signifikant niedriger bewertet worden waren.

Ein weiterer Aspekt ist, dass einigen Probanden der Geruch von Grenadine nicht vertraut war. Diese Studienteilnehmer erhielten eine mündliche Erklärung über den Geruch. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass es keinen Einfluss auf die Typizitätsbewertungen hatte. Einerseits bewerteten beide Gruppen keine der Komponenten aus diesem Grund höher als die Grenadine-Mischung selbst. Andererseits nahmen beide Gruppen die Grenadine-Mischung konfigural wahr.

Eine weitere Studie von Berre et al. (2008b) veröffentlichte die Auswirkungen von Konzentrationsänderungen in Mischungen. Sie stellten fest, dass wenn nur eine Komponente gering in ihrer Konzentration verändert wird, sich sekundär die gesamte Ananas- oder Grenadine-Typizität der Mischung verringert. Innerhalb der ASS-Gruppe wurden die Typizitäten der modifizierten Mischungen (M2b, M6b) signifikant niedriger bewertet im Vergleich zu den passenden Mischungen (M2, M6; vgl. Abb. 14 und 15).

Innerhalb der Kontrollgruppe gab es zwischen den Typizitäten von M2 und M6 im Gegensatz zu M2b und M6b keine signifikanten Unterschiede. Einige wissenschaftliche Publikationen belegen, dass Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit erhöhte Sensitivitäten aufweisen. Unter anderem konnten ASS-Probanden in einer Studie einen Alkoholduft auf eine längere Distanz hin wahrnehmen als Kontrollprobanden (Ashwin et al., 2014). Darüber hinaus verfügen Probanden mit einer ASS über höhere Empfindlichkeiten für Tonhöhen (Bonnell et al., 2003). In vielen sensorischen Bereichen wie beim Sehen, Hören, Riechen, Fühlen, Schmecken und bei der Propriozeption berichteten autistische Probanden in einem Selbstfragebogen über erhöhte Sensitivitäten (Tavassoli et al., 2014). Die in dieser Arbeit präsentierten Ergebnisse in der Wahrnehmung der modifizierten Mischungen (M2b, M6b) zeigen zusammenfassend eine stärkere Wahrnehmung von Konzentrationsänderungen bei Mischgerüchen in der ASS-Gruppe. Daher kann angenommen werden, dass die ASS-Gruppe im Vergleich zu Kontrollprobanden sensibler auf Änderungen der Konzentration reagierten. Zwischen der ASS-Gruppe und der Kontrollgruppe betrug der Unterschied der Typizitätsbeurteilung der Mischung M2b ungefähr 20 %. Daneben war beim Mischgeruch M6b die Differenz in der Typizitätsbewertung etwa 8 % geringer zwischen beiden Gruppen. Ursächlich für die geringere prozentuale Differenz ist, dass die Komplexität der Mischung M6b höher war im Gegensatz zu M2b. Eine höhere Komplexität beeinflusst insgesamt die Wahrnehmung (Sinding et al., 2013).

Bei der Auswertung der Komplexität (vgl. Abb. 16) konnte festgestellt werden, dass von beiden Gruppen einzelne Komponenten überwiegend als ebenso komplex wie 2- und 6-Komponenten-Mischungen bewertet worden waren. Das bestätigt die guten Mischungseffekte des Grenadinegeruches. Die Mischung nach Grenadine wurde unterschiedlich von dessen Komponenten wahrgenommen (Sinding et al., 2013).

In der Gesamtheit war die konfigurale olfaktorische Wahrnehmung von Mischungen in beiden Gruppen ähnlich. Die beschriebenen konfiguralen Defizite bei Menschen mit einer autistischen Persönlichkeit wie beispielsweise bei der Gesichterverarbeitung (Davies et al., 1994) konnten in dieser Studie nicht gefunden werden. Dennoch sind die in dieser Untersuchung festgestellten Ergebnisse in Übereinstimmung mit zahlreichen Studien im auditiven und visuellen Bereich, die eine normale konfigurale Verarbeitung bei Menschen mit einer ASS vorstellten (Mottron et al., 1999; Mottron et al., 2000; Mottron et al., 2003; Lahaie et al., 2006; Wang et al., 2007).

4.1.1 Theorie der Adaptation

Die Intelligenz der ASS-Gruppe war überdurchschnittlich und das Durchschnittsalter lag bei 38 Jahren. In der Längsschnittstudie von McGovern und Sigman (2008) wurden Eltern von

48 Kindern mit einer ASS anhand des diagnostischen Interviews für Autismus-Revidiert (ADI-R) und der Vineland Adaptive Behavior Scale befragt. Zusätzlich fand eine Beobachtung der Teilnehmer mithilfe der Autism Diagnostic Observation Scale (ADOS) statt. Die Kinder wurden zunächst im Alter von zwölf bis dreizehn Jahren bewertet und noch einmal etwa sieben Jahre später. Im Ganzen berichteten die Eltern über Verbesserungen der autistischen Symptome (Sozialisation, repetitive Verhaltensweisen, stereotype Interessen), des adaptiven Verhaltens und der Verhaltensreaktionen auf die Emotionen anderer. Wobei eine positive Entwicklung (hinsichtlich der Symptome, adaptives Verhalten und Empathie) bei Probanden mit einem IQ über 70 verhältnismäßig häufiger festgestellt worden war. Ebenfalls erlangten sozial engagierte Kinder eher adaptive Fähigkeiten als Kinder, die sich weniger gesellschaftlich einsetzen. Weiterhin scheint es, dass Auseinandersetzungen mit Gleichaltrigen die Sozialkompetenz der Kinder mit einer ASS verbessert. In der Studie von Klosinski und Troje (2004) berichteten über 50 % der Eltern, dass sich ihre autistischen Kinder ab dem 20. Lebensjahr positiv entwickelt hätten. Außerdem führt eine frühe intensive verhaltensanalytische Behandlung in der Kindheit zu einer positiven Entwicklung der autistischen Symptome wie z. B. der kognitiven und der adaptiven Fähigkeiten (Howard et al., 2005). Um bessere Ergebnisse zu erhalten, wäre die Einbeziehung von früheren Verhaltenstherapien, besonderen Unterricht oder Verhaltenstraining der ASS-Gruppe in dieser Studie nützlich gewesen. Die Mehrheit der teilgenommenen Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit waren sozial integriert. Viele hatten bereits eine Familie gegründet und gingen einer Berufstätigkeit nach. Die soziale Situation wurde in dieser Arbeit nicht expliziert durch Fragebögen erfasst, sondern durch Gespräche mit den Probanden beiläufig erfragt. Aus diesem Grund könnten Fragebögen zur Lebenssituation (z. B. Kinder, Partnerschaft, Freundschaften, Hobbys, Arbeit) die Studienergebnisse noch besser ergänzen. Eine Wiederholung dieser Studie mit autistischen Kindern würde die Adaptation aufgrund des Alters im Voraus ausschließen und könnte Vergleichsdaten bereitstellen.

Im Allgemeinen kann es in der ASS-Gruppe während der Entwicklung zur Ausbildung von Kompensationsmechanismen zur Anpassung zu normotypischen Personen gekommen sein. Das bedeutet, dass sich Probanden mit einer ASS, wie in den bereits genannten Studien belegt wurde (Klosinski und Troje, 2004; Howard et al., 2005; McGovern und Sigman, 2008), möglicherweise gut an ihre Umgebung im Laufe ihres Lebens adaptiert haben, sodass potentielle konfigurale Defizite nicht mehr existieren können.

4.2 Elementare Geruchswahrnehmung

Jeder eingeschlossene Studienteilnehmer identifizierte mehr als 75 % der Komponenten korrekt im Training. Tendenziell waren geringere Fähigkeiten beim Lernen der sechs

Komponenten in der ASS-Gruppe im Vergleich zu normal entwickelten Probanden zu erfassen (vgl. Abb. 17). Der Unterschied zwischen den Gruppen war nicht signifikant. Im Gegensatz dazu gibt es in der wissenschaftlichen Forschung verschiedene Hinweise darauf, dass Probanden mit einer ASS vergleichsweise gute Fähigkeiten im Memorieren besitzen, beispielsweise von einzelnen Tönen (Heaton, 2003). Möglicherweise besaßen in dieser Studie die Probanden mit einer ASS während des Trainings weniger Selbstbewusstsein beim Identifizieren der Komponenten. Zudem muss auch die Laboratmosphäre beachtet werden, die auf Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit einschüchternd und fremd gewirkt haben könnte. Eine natürliche Nervosität in einer neuen, unbekannten Situation könnte die Ergebnisse beeinflusst haben.

Bei der Auswertung der Treffer (absolut/bedingt) konnte erkannt werden, dass je mehr Komponenten in einer Mischung enthalten waren, desto weniger wurden die Komponenten von beiden Gruppen korrekt detektiert (vgl. Abb. 18). Mehrere Forschungsarbeiten demonstrierten eine Limitierung der elementaren Geruchswahrnehmung. Insgesamt kann die menschliche Nase lediglich drei bis vier Komponenten in komplexen Mischungen identifizieren (Laing und Francis, 1989; Laing und Glemarec, 1992; Livermore und Laing, 1996; Livermore und Laing, 1998). Die vorliegenden Ergebnisse dieser Studie bestätigen diese Feststellung.

Livermore und Laing untersuchten im Jahr 1996 Parfümeure und Flavoristen und verglichen die Ergebnisse mit Probanden ohne Erfahrungen auf dem Gebiet der Gerüche. Die Expertengruppe konnte im Vergleich einzelne Geruchskomponenten nicht besser wiedererkennen. Ebenfalls erhöht ein ausgedehntes Identifizierungstraining der Geruchskomponenten über fünf Tage nicht die Wiedererkennung der Komponenten.

Dabei scheint die Art der Geruchsstoffe bei der Identifizierung von Mischungen nicht von Relevanz zu sein. Wenn Düfte in Mischungen gut miteinander harmonieren oder wenn verschiedene Düfte nicht zueinander passen, liegt die Grenze für die Wahrnehmung von einzelnen Komponenten ebenfalls bei ungefähr vier (Livermore und Laing, 1998).

Bei der Auswertung der absoluten Treffer (vgl. Abb. 18) hatte die ASS-Gruppe weniger richtige Gerüche bei Mischungen mit zwei und drei Komponenten identifiziert, wobei die Unterschiede jedoch keine Signifikanz zeigten. Demgegenüber erzielte die Kontrollgruppe signifikant mehr bedingte Treffer bei 2-Komponenten-Mischungen. Die ASS-Gruppe erreichte insgesamt für jede Anzahl von Komponenten mehr falsche Antworten (vgl. Abb. 19). Aus diesem Grund war die Möglichkeit für richtige Treffer in der ASS-Gruppe eigentlich erhöht gewesen. Alles in allem konnte die Kontrollgruppe Komponenten präziser identifizieren. Diese Ergebnisse zeigen die Angst der autistischen Probanden vor Fehlern und dem Wunsch, erfolgreich bei der Aufgabe zu sein. Der Stress und das möglicherweise verbundene zwanghafte Verhalten (Gems, 2015) kann dieses Ergebnis erklären.

4.3 Der olfaktorische Sinn im Vergleich zum Sehen und Hören

Deruelle et al. konnten 2006 eine lokale Neigung der ASS-Gruppe bei gesichterähnlichen und geometrischen Mustern beobachten. Diese Studie verwendete acht originale Muster (Gesichter oder geometrische Muster) und ihre jeweils acht lokalen oder globalen Übereinstimmungen. Den Teilnehmern wurde das originale Muster mit den beiden Übereinstimmungen (lokal und global) gezeigt. Daraufhin sollten die Probanden entscheiden, welche der Übereinstimmungen eine höhere Ähnlichkeit mit dem originalen Muster aufwies. Die ASS-Gruppe zeigte im Vergleich zu Kontrollprobanden eine signifikante Präferenz für die lokalen Übereinstimmungen. Die Studie von Pellicano et al. im Jahr 2005 verwendete komplexe Bilder, in denen die Probanden ein Dreieck oder ein Haus lokalisieren sollten (sogenannter eingebetteter Figuren-Test, Children's Embedded Figures Test). Die ASS-Gruppe erfasste schneller die versteckten Figuren als die Kontrollgruppe. Mottron et al. (2000) veröffentlichten eine lokale Neigung bei der Verarbeitung von Musik bei Probanden mit HFA. Die autistischen Teilnehmer konnten im Vergleich zu gesunden Probanden besser Änderungen von bestimmten Melodien wahrnehmen.

Die Ergebnisse der Studie können dagegen keine Fokussierung auf Details bei der olfaktorischen Wahrnehmung in der ASS-Gruppe darlegen (vgl. Abb. 18). Es stellt sich daher die Frage, warum Menschen mit einer autistischen Persönlichkeit beim Sehen und Hören Details wahrnehmen, aber scheinbar nicht beim Riechen. Nachfolgend werden Unterschiede zwischen den Sinnen Sehen, Hören und Riechen detaillierter beleuchtet.

Die Empfindlichkeit für Gerüche ist von Mensch zu Mensch verschieden (Punter, 1983) und kulturspezifische Erfahrungen beeinflussen die Geruchswahrnehmung (Ayabe-Kanamura et al., 1998). Beispielsweise variieren die Sensitivitäten für Pyridine, Pentadecanolide oder Amylacetat zwischen Männern und Frauen signifikant voneinander (Koelega und Köster, 1974). Zudem ist eine Anosmie bei Personen ohne Riechbeeinträchtigungen für bestimmte Geruchsstoffe mit Prävalenzraten zwischen 0,5 % und 20,4 % häufig zu finden (Croy et al., 2016). Abgesehen davon weisen die Geruchsrezeptoren eine genetische Variabilität auf, die zu unterschiedlichen Geruchswahrnehmungen führt (Mainland et al., 2014). Die Identifizierung eines Geruches ist müheloser, wenn dazu bestimmte Emotionen assoziiert werden können (Bestgen et al., 2015). In betrübter Stimmung ist die Verarbeitung von Düften insgesamt langsamer (Erwin, 2014). Als zusätzlichen Aspekt hätte eine Befragung der Probanden nach der aktuellen Stimmung oder zu besonderen Geruchsassoziationen den elementaren Teil der Studie ergänzt. Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass Duftnamen nicht für alle Menschen von gleicher Bedeutung sind (Rouby et al., 2002). Möglicherweise hätte eine individuelle Namensgebung dem Probanden eine Erleichterung bei der Geruchsidentifizierung erbracht.

Hinzukommend kann gesagt werden, dass die Sinne Sehen und Hören generell eine größere Bedeutung als das Riechen haben. Die visuelle und auditive Wahrnehmung ist unter anderem essentiell für die Kommunikation, der Orientierung im Raum, der Malerei, der Architektur, des Tanzens, der Musik, dem Theater und der Fotografie. Riechen ist dagegen beispielsweise in der Parfümerie und beim Kochen bedeutend. Jedoch ist das Sehen ein aktiver Prozess. Das Riechen erfolgt meistens passiv und wirkt oft unterstützend für die visuelle Suche. Bei einer Änderung z. B. der Helligkeit um 2 % ist bereits ein visueller Unterschied erkennbar. Beim Riechen muss dagegen eine Veränderung von 20 % bestehen, um Differenzen wahrnehmen zu können. In unserer Umwelt ist es wichtiger, einen Geruch als vertraut oder als fremd zu erkennen und ihn zu diskriminieren. Die Bestimmung des Intensitätsgradienten oder die verbale Geruchsidentifizierung ist vielmehr hintergründig. Schließlich besteht die Aufgabe des Riechens primär darin, vor giftiger Nahrung und vor Gefahr in der Luft zu warnen (Rouby et al., 2002).

Die Fokussierung auf Details scheint bei Menschen mit einer autistischen Persönlichkeit vorrangig auf den visuellen und auditiven Bereich begrenzt zu sein. Dies könnte dadurch begründet sein, dass der olfaktorische Sinn im Bezug auf die Wahrnehmung subjektiver im Vergleich zum Sehen und Hören ist. Weiterhin wird der Geruchssinn bei Menschen ohne Sinneseinschränkungen weniger bewusst genutzt.

4.4 Visuelle lokale Wahrnehmung

Der Navon-Test eruiert unter anderem lokale visuelle Kompetenzen (Bernardino et al., 2012). In dieser Studie waren in der ASS-Gruppe keine besseren Resultate im Navon-Test zu registrieren. Die ASS-Gruppe wies bei kongruenten Buchstaben signifikant mehr Fehler auf und die Reaktionszeit war in dieser Gruppe signifikant verlängert im Vergleich zu der Kontrollgruppe (vgl. Abb. 20 und 21). Im Gegensatz dazu stellten sich in der Studie von Wang et al. (2007) bessere lokale Fähigkeiten in der ASS-Gruppe heraus. Bei der selektiven Aufmerksamkeit wurde eine geringere Fehlerrate bei 24 kongruenten und 24 inkongruenten Navon-Typ-Zahlen bei 15 Kindern und Jugendlichen mit einer ASS im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe gefunden. Die Darstellung der Buchstaben variierte zwischen 0,08 s, 0,2 s und 0,5 s. Demgegenüber wurden in dieser Studie Navon-Buchstaben mit einer Dauer von 0,2 s visuell präsentiert. Ursächlich für die erfolgreichereren Daten in der Studie von Wang et al. (2007) könnten daher die längeren Präsentationen der Navon-Figuren sein. Vermutlich erleichterte dies den Probanden die Erkennung der lokalen Zahlen.

Konträr dazu veröffentlichten Studien vollkommen gegensätzliche Ergebnisse im Navon-Test im Bezug zur selektiven Aufmerksamkeit. Plaisted et al. (1998) fanden in Übereinstimmung zu den Untersuchungen in dieser Studie gleichermaßen keine lokalen Vorteile im Test nach

Navon bei 17 Kindern mit HFA im Durchschnittsalter von ca. zwölf Jahren im Vergleich zu normotypischen Teilnehmern. Jedem Probanden wurden 122 Buchstaben gezeigt, wenn die Aufmerksamkeit auf die kleinen Buchstaben gelegt werden sollte. In den Untersuchungen von Ozonoff et al. (1994) ergaben sich korrespondierend fehlende lokale Fähigkeiten im Navon-Test bei 14 Probanden mit einer ASS im Durchschnittsalter von ca. zwölf Jahren gegenüber einer Kontrollgruppe. Alle Teilnehmer ermittelten insgesamt 144 lokale Navon-Buchstaben. In den beiden letztgenannten Studien betrug die Expositionsdauer der Buchstaben 1 s (Ozonoff et al., 1994; Plaisted et al., 1998). Daraus kann geschlussfolgert werden, dass eine Erhöhung der Darstellungszeit der Navon-Figuren um mehr als ein Vierfaches wahrscheinlich einen Einfluss auf die Erkennung der lokalen Buchstaben sowohl in der ASS-Gruppe als auch in der Kontrollgruppe hatte. Je höher die Expositionsdauer der Buchstaben ist, desto leichter fällt es auch der Kontrollgruppe, die lokalen Buchstaben zu erkennen. Aus diesem Grund ist die Durchführung von Navon-Untersuchungen mit einer hohen Anzahl an Buchstaben und kurzer Expositionsdauer sowie mit deutlich mehr Probanden notwendig.

Ein weiterer Aspekt ist, dass in dieser Studie beide Gruppen signifikant weniger Fehler im Navon-Test aufwiesen, wenn Buchstaben kongruent zueinander waren (vgl. Abb. 20). Dieses Resultat ist in Übereinstimmung mit den Studien von Ozonoff et al. (1994) und Plaisted et al. (1999). Es ist leichter, lokale Buchstaben aus kongruenten im Vergleich zu inkongruenten Navon-Figuren zu erkennen (Ozonoff et al., 1994; Plaisted et al., 1999).

Der Mosaik-Test ist eine weitere Untersuchungsmethode zur Testung des lokalen visuellen Könnens (Soulières et al., 2011). Tendenziell erzielte die ASS-Gruppe eine höhere Punktzahl, aber die Summendifferenz war zwischen den Gruppen nicht signifikant (Mosaik-Test siehe Kapitel 3.4). Edgin und Pennington (2005) sowie Bölte et al. (2007) bestätigen die vorliegenden Ergebnisse. Edgin und Pennington untersuchten 2005 insgesamt 24 Kinder mit HFA und Asperger-Syndrom. Sie setzten den Mosaik-Test als Maß für die IQ-Leistung ein. Zwischen der ASS-Gruppe und der Kontrollgruppe gab es keine Unterschiede. Bölte et al. führten den Mosaik-Test 2007 mit 15 Erwachsenen mit HFA durch und sie verglichen die Ergebnisse mit gesunden Probanden, wobei sich keine signifikanten Differenzen zwischen den Gruppen darstellten.

Im Gegenteil dazu demonstrierten Shah und Frith (1993), Morgan et al. (2003) sowie Ishida et al. (2009) bei autistischen Studienteilnehmern lokale Vorteile im Mosaik-Test im Vergleich zu ihren Kontrollgruppen (Shah und Frith, 1993; Morgan et al., 2003; Ishida et al., 2009). Shah und Frith untersuchten im Jahr 1993 zusammen 20 autistische Jugendliche und Erwachsene. Morgan et al. (2003) führten den Mosaik-Test mit 21 Kindern in der ASS-Gruppe durch und Ishida et al. (2009) rekrutierten neun Kinder mit HFA und Asperger-Syndrom.

Es lässt sich zusammenfassend vermerken, dass zahlreiche differente Publikationen von Probanden mit einer ASS bezüglich der Endergebnisse im Navon- und Mosaik-Test vorliegen. Eine aktuelle Metaanalyse verglich unter anderem die Resultate von neun Studien mit insgesamt 161 ASS-Probanden hinsichtlich der selektiven Aufmerksamkeit im Navon-Test sowie von 24 Studien mit 520 autistischen Probanden bezüglich der Fähigkeiten im Mosaik-Test. Im Navon-Test waren die globalen Fähigkeiten bei den normal entwickelten Probanden ausgeprägter als die lokalen Fähigkeiten. Im Mosaik-Test hatten die Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit bessere lokale Fähigkeiten (Muth et al., 2014).

Folgende Erklärung für die vorliegenden unterdurchschnittlichen Fähigkeiten im Navon- und Mosaik-Test in der ASS-Gruppe kann gegeben werden. Im Hinblick auf die ausgeprägte Fehlalarm-Rate in der elementaren Testung ist es wahrscheinlich, dass Probanden mit einer ASS, wie schon zuvor im Training beschrieben (Elementare Geruchswahrnehmung siehe Kapitel 4.2) weniger selbstbewusst beim Geben ihrer Antworten waren. Hinzukommend wurden die Antworten möglicherweise durch die höhere Reflexion in der ASS-Gruppe verzögert. Das bedeutet, dass die Antworten zunächst auf Richtigkeit überprüft und eventuell überdacht wurden. Dadurch verlängerte sich die primäre Antwortzeit. Da die Tests die intuitiven Fähigkeiten ansprechen, ist die verwendete Herangehensweise der ASS-Gruppe nicht am erfolgreichsten gewesen. Das kann die höhere Anzahl an Fehlern in der ASS-Gruppe erklären. Hinzu kommt ein weiterer Aspekt, der die erhöhte Fehlerquote bei den autistischen Probanden erklären kann und der ebenfalls bereits in der Diskussion des Trainings im elementaren Teil erklärt wurde (Elementare Geruchswahrnehmung siehe Kapitel 4.2). Obwohl auf eine ruhige Umgebung und auf eine willkommene Begrüßung der Probanden geachtet wurde, ist es möglich, dass diese in der neuen, ungewohnten Situation nervöser waren.

Zur Ergänzung der Daten könnte der olfaktorische Teil der Studie mit Probanden wiederholt werden, die sehr gute lokale Fähigkeiten in visuellen Tests besitzen. Daraus ergibt sich folgende Fragestellung, die in anderen Studien miteinbezogen werden könnte: Würden mehr Komponenten in Mischgerüchen detektiert werden, wenn visuelle Stimuli überlegender lokal verarbeitet werden können?

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist, dass Jungen visuelle Reize globaler als Mädchen beurteilen (Kramer et al., 1996). Diese Studie hatte einen hohen Anteil von männlichen Probanden. Ob dieser Sachverhalt die Studie beeinflusst hatte, wäre nur mit einer Wiederholung der Untersuchungen mit einem ausgeglichenen Anteil von weiblichen und männlichen Teilnehmern zu erfassen. Die Diagnose ASS wird beim männlichen Geschlecht dreimal häufiger vergeben als beim weiblichen Geschlecht (Remschmidt und Kamp-Becker, 2007). Daher ist es sehr schwierig, weibliche Probandinnen zu rekrutieren, was in dieser Studie der gleichen Situation entsprach.

4.4.1 Vergleich HFA und Asperger-Syndrom

Es wird angenommen, dass in den neuen ICD-11 Kriterien die ASS als eine Diagnose klassifiziert wird (Cholemkery, 2016). Chiang et al. (2014) stimmen eher für eine Trennung der autistischen Gruppen. Hintergrund dafür sind die höheren durchschnittlichen IQ-Werte bei Probanden mit Asperger-Syndrom im Gegensatz zu Probanden mit HFA. Viele Studien veröffentlichten daneben Verschiedenheiten beim Vergleich von Probanden mit Asperger-Syndrom und HFA (Jolliffe und Baron-Cohen, 1999; Jolliffe und Baron-Cohen, 2001). Probanden mit HFA fällt es beispielsweise schwerer als Probanden mit einem Asperger-Syndrom, Sätze inhaltlich miteinander logisch zu verknüpfen (Jolliffe und Baron-Cohen, 1999) und einen Zusammenhang zwischen visuellen Stimuli zu erkennen (Jolliffe und Baron-Cohen, 2001).

Aus diesem Grund wurden die ermittelten Ergebnisse der visuellen Wahrnehmung zwischen den einzelnen autistischen Gruppen dargestellt (Lokale Fähigkeiten zwischen Probanden mit HFA und Asperger-Syndrom siehe Kapitel 3.5). Aufgrund der kleinen Probandenanzahl ist der folgende Vergleich zwischen den autistischen Gruppen als nicht zu prospektiv zu bewerten.

Beim Navon-Test war die HFA-Gruppe einerseits korrekter bei inkongruenten Navon-Buchstaben-Typen als Probanden mit einem Asperger-Syndrom (vgl. Abb. 22). Andererseits präsentierte die Asperger-Syndrom-Gruppe eine schnellere Reaktionszeit bei beiden Navon-Buchstaben-Figuren im Vergleich zu der HFA-Gruppe (vgl. Abb. 23). Es gibt in der Literatur gegenwärtig keine veröffentlichte Studie, in der Probanden mit HFA und Asperger-Syndrom im Navon-Test im Rahmen der selektiven Aufmerksamkeit statistisch verglichen wurden. An den graphischen Auswertungen der Studie von Rinehart et al. (2000) kann tendenziell beobachtet werden, dass zwölf Probanden mit einem Asperger-Syndrom ebenfalls schneller in der Antwortreaktion im Vergleich zu elf Probanden mit HFA waren. Diese Studie nutzte Navon-Zahlen. Die Auswertung der Fehler war nur für kongruente und inkongruente Navon-Zahlen zusammen grafisch dargestellt und konnte somit nicht mit den beobachteten Ergebnissen in dieser Studie verglichen werden.

Im Mosaik-Test gab es insgesamt keine Unterschiede zwischen beiden autistischen Gruppen (Mosaik-Test siehe Kapitel 3.5.2). Auch die Studie von Koyama et al. (2007) beobachtete im Mosaik-Test keine Differenzen zwischen autistischen Kindern und Erwachsenen (37 Probanden mit HFA und 36 Probanden mit Asperger-Syndrom). Speck et al. (2011) bemerkten zugleich keine Unterschiede zwischen autistischen Erwachsenen (42 Probanden mit HFA und 42 Probanden mit Asperger-Syndrom).

4.5 Ausblick

Nach dieser Studie wurden acht Probanden mit einer ASS, davon sechs Probanden mit Asperger-Syndrom und zwei Probanden mit HFA, wiederholt zu einer Pilotstudie eingeladen. Es erfolgte eine Untersuchung der Habituation, das heißt die Gewöhnung an Düften.

Dazu wurden den Probanden einleitend verschiedene allgemeine Fragen zur Habituation zu Geräuschen und Gerüchen gestellt, wie z. B. „Können Sie eine Zeitung oder ein Buch lesen, wenn dabei der Fernseher läuft?“, „Ziehen Sie sich bewusst vor lauten Orten zurück (z. B. Kino, Konzerte)?“, „Müssen Sie bestimmte Orte (z. B. Restaurants, Toiletten, Straßenbahnen) verlassen, weil dort einige Gerüche störend für Sie sind oder können Sie bleiben und sich nach einer Weile an solche Gerüche gewöhnen?“ (Fragebogen Habituation siehe Anhang 7.7). Wenn die Probanden die Antwort gaben, dass sie sich „teilweise“ gestört fühlten, wurde dies zu einer Wertung von 0,5 zugeschrieben. Äußerten die Probanden „eine Beeinträchtigung“, gab es eine Wertung von 1, „keine Beeinträchtigung“ wurde der Wertung 0 zugerechnet. Die Ergebnisse wurden anschließend mit einer Kontrollgruppe verglichen. Folgende signifikante Resultate waren durch die einleitenden Fragen zu erfassen: Sechs Probanden mit einer ASS vermieden bewusst laute Orte im Vergleich zu einer Kontrollgruppe. Sieben autistische Probanden berichteten Stress durch Orte mit starken Gerüchen, da beim längeren Verweilen die Geruchsintensitäten nicht abnehmen würden. Im Gegensatz dazu wurde dieses Phänomen nur von zwei Kontrollprobanden geschildert. Drei Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit haben festgestellt, dass sie Gerüche nach einer bestimmten Zeit stärker wahrnehmen als andere Personen. Dies wurde von der Kontrollgruppe im Alltag nicht bemerkt (Abb. 24).

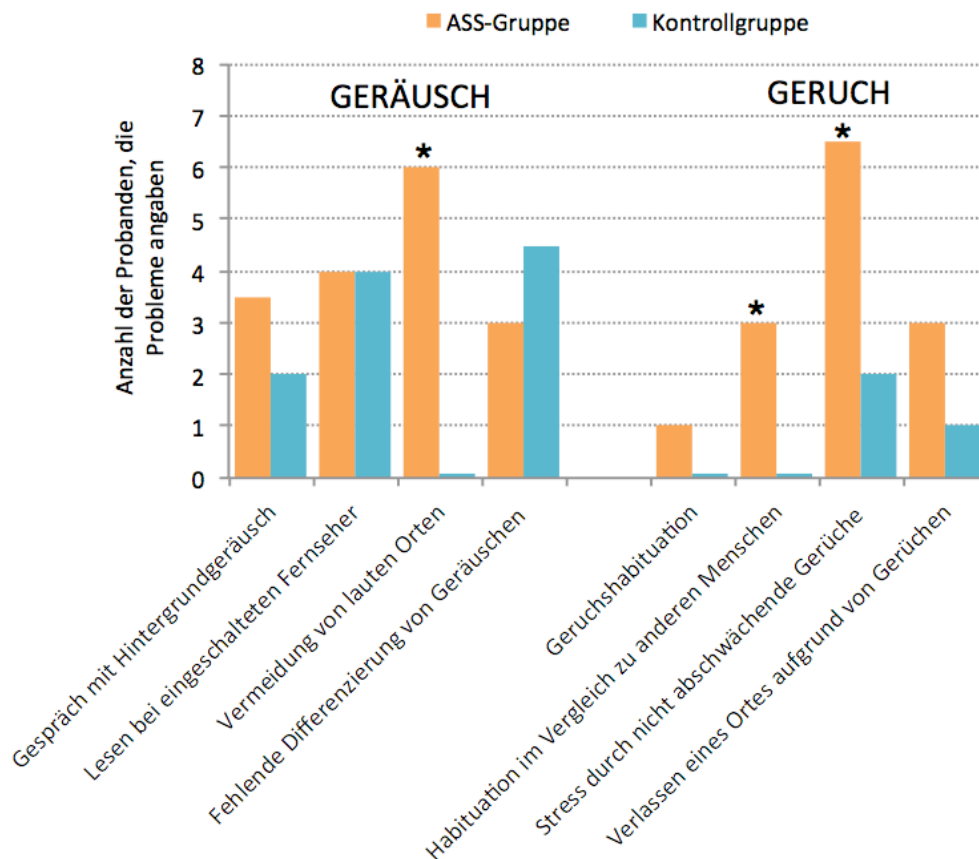


Abbildung 24: Auswertung der Fragen zur Geräuschs- und Geruchshabituation: wenn die Probanden die Antwort gaben, dass sie sich teilweise gestört fühlten, wurde dies zu einer Wertung von 0,5 zugeschrieben; wenn Probanden eine Beeinträchtigung äußerten, so gab es eine Wertung von 1; keine Beeinträchtigung wurde der Wertung 0 zugerechnet; Signifikanz (*)

Zur Analyse der Habituation von Düften wurden den Probanden sechs monomolekulare Gerüche über eine Nasenbrille mit konstanten Intensitäten unter Einsatz von einem Computer-kontrollierten Olfaktometer für jeweils zwei Minuten Dauer präsentiert (Sommer et al., 2012). Die Aufgabe bestand darin, die wahrgenommenen Duftintensitäten durch Betätigung einer mit Luft befüllten Kunststoffspritze zu bewerten. Den Teilnehmern war vor der Untersuchung nicht bekannt, dass die Konzentrationen der Gerüche während der Vorstellung konstant blieben. Der vom Probanden vorgegebene Druck in der Spritze wurde durch einen Konverter in Werte zwischen 100 (für den höchsten Druck, dies entsprach der

höchsten Intensität) und eins (für den niedrigsten Druck, dies entsprach der niedrigsten Intensität) umgewandelt. Anhand einer beleuchteten Skala, die in zehn Levels (0 % - 100 %) eingeteilt war, konnten die Teilnehmer allzeit ihren angewendeten Druck in der Spritze beobachten. Um zu Beginn der Duftbewertung einen einheitlichen Startpunkt zu schaffen, sollten die Probanden den Druck in der Spritze vor jedem Durchlauf auf 60 % setzen. Je nachdem wie sich die Konzentration subjektiv für die Probanden während des Riechens änderte, konnten sie den Druck in der Spritze erhöhen oder verringern. Die Auswertung erfolgte mit k-means in Matlab, basierend auf einem k-means-Cluster-Algorithmus mit Verwendung von City-Block-Distanzen. Zunächst wurde die Auswertung mit zusätzlichen Daten durchgeführt, um Cluster für eine normale (rote Cluster) und keine Habituation (blaue Cluster) zu entwickeln (Abb. 25). Dann wurden die Cluster für die ASS-Gruppe berechnet und mit schon vorliegenden Ergebnissen von Probanden ohne einer ASS verglichen (Abb. 26). Als Resultat leitete sich ab, dass Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit im Gegensatz zu der Kontrollgruppe die Intensitäten der Düfte während der 2-minütigen Geruchspräsentation in der Gesamtheit signifikant stärker wahrgenommen haben. Daraus ergibt sich eine fehlende Habituation in der ASS-Gruppe. Die Kontrollgruppe dagegen präsentierte die gewöhnlichen Ebenen der Gewöhnung.

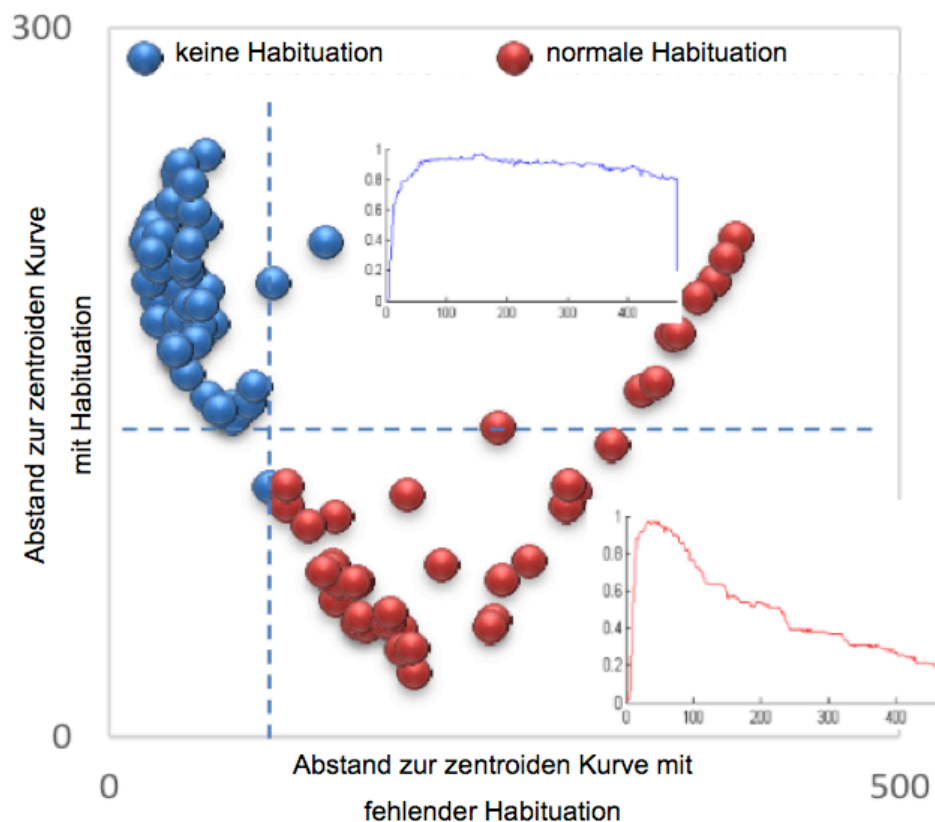


Abbildung 25: City-Block-Distanzen: dargestellt sind die City-Block-Distanzen von jeder Kurve (ein Duft für einen Probanden); hierfür wurden zusätzliche Daten verwendet; die Referenzkurven zeigen eine kontinuierliche Intensitätsbewertung (1 = sehr hohe Intensität, 0 = sehr niedrige Intensität); die blaue Kurve zeigt keine Habituation, wobei die rote Kurve eine normale Habituation⁵⁷ präsentierte; die blauen Kügelchen sind die Kurven als Cluster für die fehlende Habituation, weil sie näher an der blauen Referenzkurve sind; die roten Kügelchen sind die Kurven als Cluster für

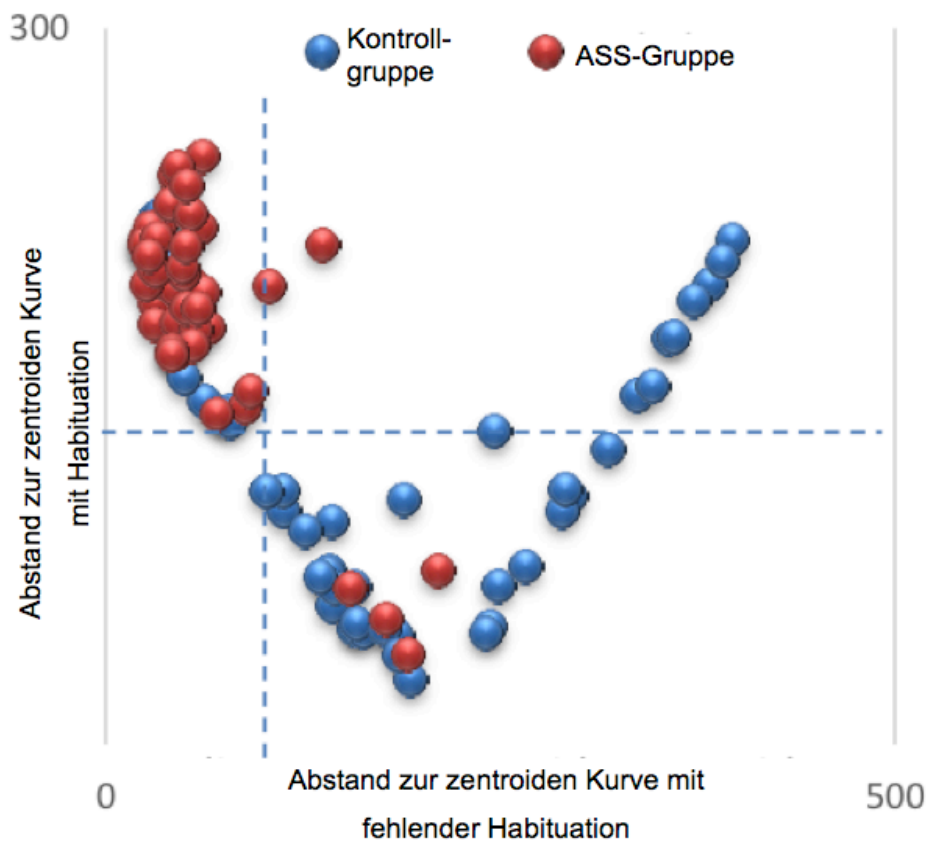


Abbildung 26: City-Block-Distanzen: dargestellt ist der gleiche Habituations-Raum wie in Abb. 25, aber die roten Kügelchen stellen die Kurven der autistischen Probanden dar und die blauen Kügelchen entsprechen den Kurven der Kontrollgruppe; bei Probanden mit einer ASS fand insgesamt keine Habituation statt; nur bei vier Kurven (welche zu drei autistischen Probanden gehörten und drei verschiedene Gerüchen entsprachen) fand eine Habituation statt

Wie bereits in dieser Arbeit beschrieben, äußerten autistische Probanden erhöhte Empfindlichkeiten in mehreren sensorischen Bereichen wie im Sehen, Hören, Riechen, Fühlen und bei der Propriozeption (Tavassoli et al., 2014). Auch in dieser Studie demonstrierte die ASS-Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe eine erhöhte Sensitivität auf die Konzentrationsmodifikation der Komponenten des Ananasgeruches (Ananas-Typizität siehe Kapitel 3.1.1). Im Jahr 2011 untersuchte eine Studie die Verarbeitung von Gerüchen

unter Anwendung von funktioneller Magnetresonanztomographie in der Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Interdisziplinäres Zentrum für Riechen und Schmecken, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Dresden. Insgesamt wurden 22 erwachsene Probanden mit einer ASS und 22 gesunde Kontrollteilnehmer untersucht. Auffällig waren allgemein höhere zerebrale Gesamtaktivitäten in der autistischen Gruppe während der Verarbeitung von Gerüchen. Darüber hinaus konnten signifikant höhere Aktivierungen von geruchsverarbeitenden Hirnarealen wie z. B. dem orbitofrontalen Cortex oder das limbische System beobachtet werden (Köhler et al., 2013). Daraus kann geschlussfolgert werden, dass Probanden mit einer ASS empfindlicher für die Wahrnehmung von Gerüchen sind. Das bedingt eine fehlende Geruchshabituation. Jedoch sind zukünftige Studien mit einer höheren autistischen Probandenanzahl in den Bereichen der Geruchshabituation und Geruchsverarbeitung erforderlich.

5 ZUSAMMENFASSUNG

5.1 In Deutsch

Die Verarbeitung von komplexen olfaktorischen Reizen kann auf einer konfiguralen oder elementaren Art und Weise erfolgen. Eine Mischung von Gerüchen wird konfigural wahrgenommen, wenn die unterschiedlichen Komponenten zusammen einen neuen und einzigartigen Geruch erzeugen, welcher vom Geruch jeder einzelnen Komponente verschieden ist. Die Wahrnehmung einer Mischung ist elementar, wenn alle Gerüche von jeder Komponente gleichzeitig in einer Mischung wahrgenommen werden können, aber keine Assoziation zwischen den Gerüchen erscheint. Die Theorie der schwachen zentralen Kohärenz besagt, dass Menschen mit einer ASS dazu tendieren, Reize separat wahrzunehmen sowie zu verarbeiten und ihren Fokus auf Details legen. Im Gegensatz dazu sind normal entwickelte Menschen in der Lage, verschiedene Reize zu integrieren und sie als bedeutendes Ganzes zu erfassen. Verschiedene Studien im visuellen und auditiven Bereich mit ASS-Probanden verifizierten diese Theorie. Aus diesem Grund wurde in dieser Studie die Fragestellung untersucht, ob sich die konfigurale und elementare Wahrnehmung von Gerüchen zwischen Probanden mit einer ASS und Kontrollprobanden unterscheidet. Vermutlich verarbeiten Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit Gerüche vergleichsweise weniger konfigural und sie weisen eine bessere elementare Geruchswahrnehmung auf.

25 Probanden mit einer ASS (Durchschnittsalter: 38 Jahre), davon 21 Probanden mit Asperger-Syndrom und vier Probanden mit HFA wurden mit 25 Kontrollprobanden (Durchschnittsalter: 38,5 Jahre) verglichen. Beide Gruppen passten hinsichtlich ihres Intelligenzquotienten und ihrem Geschlecht überein. Zur Ermittlung visueller lokaler Fähigkeiten führten alle Probanden den Navon- und Mosaik-Test durch. Um die olfaktorische konfigurale Geruchswahrnehmung zu bewerten, wurden zwei Geruchsmischungen verwendet, die spontan eine konfigurale Wahrnehmung favorisierten (Ananas-Mischung mit zwei Komponenten und Grenadine-Mischung mit sechs Komponenten, Berre et al., 2008a). Keiner der Komponenten (monomolekulare Gerüche) für sich allein induzierte den Geruch nach Ananas oder Grenadine. Außerdem wurden zwei Geruchsmischungen mit der gleichen Komposition verwendet, die jedoch unterschiedliche Konzentrationen aufzeigten und welche keine konfigurale Wahrnehmung bevorzugten. Die konfigurale Wahrnehmung wurde anhand

der Typizitäten (z. B.: „Ist der Geruch ein gutes Beispiel für den Geruch nach Ananas?“) und der Komplexitäten der Geruchsmischungen im Vergleich zu deren Komponenten gemessen. Im elementaren Teil wurden sechs monomolekulare Gerüche einzeln oder in Mischungen verschiedener Komplexitäten verwendet (Laing und Glemarec, 1992). Die elementare Wahrnehmung wurde durch Berücksichtigung der korrekten Geruchsidentifizierungen in den verschiedenen Mischungen, die zwei bis sechs Komponenten enthielten, gemessen. Die einzelnen Komponenten wurden zuvor in zwei Trainingseinheiten beübt.

Folgende Ergebnisse und Schlussfolgerungen konnten in dieser Studie beobachtet sowie abgeleitet werden:

- Im Navon-Test machten Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit mehr Fehler und sie brauchten eine längere Zeit zum Antworten. Im Hinblick auf die ausgeprägte Fehlalarm-Rate in der elementaren Testung ist es wahrscheinlich, dass Probanden mit einer ASS weniger selbstbewusst beim Geben ihrer Antworten waren. Hinzukommend wurden die Antworten vermutlich durch die höhere Reflexion in der ASS-Gruppe verzögert. Obwohl auf eine ruhige Umgebung und auf eine willkommene Begrüßung der Probanden geachtet wurde, ist es möglich, dass Probanden mit einer ASS in der neuen, ungewohnten Laboratmosphäre nervöser waren als die Kontrollgruppe. Diese Aspekte könnten zu einer Erhöhung der Fehlerquote in der ASS-Gruppe geführt haben.
- Probanden mit einer ASS und ihre Kontrollgruppe hatten eine ähnliche konfigurale Wahrnehmung der Mischungen. Daher ist, im Gegensatz zu anderen Sinnen, die konfigurale Wahrnehmung von Geruchsmischungen von ASS-Probanden im Vergleich zu normotypischen Probanden gleich. Erklärungen dafür in der ASS-Gruppe können das Durchschnittsalter von 38 Jahren, die überdurchschnittliche Intelligenz sowie die gute soziale Integration sein. Dadurch kann es zur Ausbildung von Kompensationsmechanismen zur Anpassung zu normotypischen Personen während der Entwicklung gekommen sein. Das bedeutet, dass sich Probanden mit einer ASS möglicherweise gut an ihre Umgebung im Laufe ihres Lebens adaptiert haben, wie in anderen Studien belegt wurde, sodass potentielle konfigurale Defizite nicht mehr existieren können.
- Die ASS-Gruppe reagierte im Vergleich zur Kontrollgruppe sensibler auf eine Modifikation der Konzentration der Komponenten des Ananasgeruches. Die Modifikation wurde verwendet, um den Ananas-Mischeffekt aufzubrechen. Damit übereinstimmend wurden in vielen sensorischen Bereichen wie beim Sehen, Hören,

Riechen, Fühlen und bei der Propriozeption bei autistischen Probanden erhöhte Sensitivitäten beobachtet.

- Bei Probanden mit einer autistischen Persönlichkeit konnten keine besseren elementaren Fähigkeiten bei der Identifikation von Gerüchen nachgewiesen werden. Es ist anzunehmen, dass die Fokussierung auf Details bei autistischen Menschen primär auf den visuellen und auditiven Bereich begrenzt ist. Im Vergleich zum Sehen und Hören ist der olfaktorische Sinn im Bezug auf die Wahrnehmung subjektiver und wird bei Menschen ohne Sinneseinschränkungen weniger bewusst genutzt.
- Probanden mit einer ASS identifizierten weniger akkurat Komponenten in Mischungen mit zwei und drei Komponenten. Zusätzlich wiesen sie eine höhere Fehlalarm-Rate auf verglichen zu ihrer Kontrollgruppe. Diese Ergebnisse zeigen die Angst der autistischen Probanden vor Fehlern und dem Wunsch, erfolgreich bei der Aufgabe zu sein. Der Stress und das möglicherweise verbundene zwanghafte Verhalten kann dieses Ergebnis erklären.

5.2 In Englisch

The processing of complex olfactory stimuli can be done in an elemental or in a configural way. A mixture of odorants is configurally perceived when the different components generate together a new and unique odor different from the odors of each single component. The perception of a mixture is elemental when all the odor of each component is perceived simultaneously in a mixture but no association between the odorants appears. The weak central coherence theory suggests that individuals with an ASD have a tendency to perceive and process stimuli separately, and tend to focus more on details. In contrast people with a normal development are able to integrate several stimuli and recognize them as a significant whole. Different studies in the visual and auditive area with subjects with ASD verified this theory. For this reason, the question was examined in this study if configural and elemental perceptions of odors differ between patients with ASD and control subjects. It is likely that subjects with an autistic personality process odorants comparatively less configural and they have a better elementary odor perception.

25 participants with ASD (mean age: 38 years), including 21 subjects with asperger syndrome and four subjects with HFA were compared to 25 matched control subjects (mean age: 38,5 years). Both groups were matched regarding to their intelligence quotient and their gender. For determination of visual local skills, all subjects performed Navon and Mosaic tests. To evaluate olfactory configural perception two odor mixtures were used which favoured spontaneously a configural perception (pineapple mixture with two components and

grenadine mixture with six components, Berre et al., 2008a). None of the components (monomolecular odorants) evoked on its own the odor of pineapple or grenadine. In addition two odor mixtures with the same composition but different concentrations were used, and did not prefer configural perception. Configural perception was measured by evaluating the level of pineapple and grenadine typicality (e. g.: „Is the odor a good example of the odor of pineapple?“) and the complexity of the mixtures as compared to their components. In the elemental part, six single monomolecular odorants presented single or in mixtures of different complexity were used (Laing und Glemarec, 1992). The elemental perception was evaluated by considering the number of correct identifications in mixtures containing two to six odorants. The single components were previously learned during two training sessions.

The following results and conclusions could be observed in this study as well as be derived:

- In the Navon test subjects with an autistic personality made more errors and it took them a longer time to answer. Regarding to the pronounced false alarm rate in the elemental testing it is likely that subjects with an ASD were less self-confident in giving their responses. Additionally the answers were probably delayed by the higher reflection in the ASD group. Although attention was on a quiet environment and a welcome greeting of the subjects, it is possible that they were more nervous in this new, unfamiliar laboratory atmosphere. These aspects could have led to an increase in the error rate in the ASD group.
- Subjects with ASD and their control group had a similar configural perception of the mixtures. Therefore, in contrast to other senses, the configural perception for odor mixtures of ASD subjects is the same as in normotypical subjects. Explanations for this may be the average age of 38 years, the above-average intelligence as well as the good social integration in the ASD group. Thereby this can lead to the formation of compensation mechanisms to adapt to normotypical persons during the development. This means, that subjects with an ASD, as verified in other studies, possibly have well adapted to their environment in the course of their lives, so that potential configural deficits can no longer exist.
- The ASD group responded when compared to the control group more sensitive to a modification of the concentration of the components in the pineapple mixture. The modification was used to break up the pineapple blending effect. According to many sensory areas such as seeing, hearing, smell, touch and proprioception increased sensitivities were observed in autistic subjects.

- In subjects with an autistic personality no better elemental abilities in the identification of odorants could be detected. It is to assume, that the focus on details in autistic people is primarily limited to the visual and auditory area. Compared to seeing and hearing the olfactory sense is concerning to perception more subjective and this is used less conscious in people without sensory restrictions.
- Subjects with ASD identified less accurately components in mixtures composed of two and three components. In addition, they had a higher false alarm rate compared to their control group. These results reveal a fear of doing mistakes and the desire to succeed in the task. The stress and possibly the compulsive behavior associated may explain this result.

6 LITERATURVERZEICHNIS

- Alcántara JI, Weisblatt EJL, Moore BCJ, Bolton PF. 2004. Speech-in-noise perception in high-functioning individuals with autism or Asperger's syndrome. *J Child Psychol Psychiatry* 45:1107-1114.
- Annaz D, Karmiloff-Smith A, Johnson MH, Thomas MSC. 2009. A cross-syndrome study of the development of holistic face recognition in children with autism, Down syndrome, and Williams syndrome. *J Exp Child Psychol* 102:456-486.
- Ashwin E, Chapman E, Howells J, Rhydderch D, Baron-Cohen S, Walker I. 2014. Enhanced olfactory sensitivity in autism spectrum conditions. *Mol Autism* 5:31-50.
- Asperger H. 1944. Die „Autistischen Psychopathen“ im Kindesalter. *Arch Psychiatr Nervenkr* 117:76-136.
- Aster M (Hrsg). 2006. Wechsler Intelligenztest für Erwachsene: WIE; Übersetzung und Adaption der WAIS-III. Harcourt Test Services, Frankfurt am Main.
- Aumüller G, Aust G, Engele J. 2014. Duale Reihe Anatomie. 3. Aufl. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- Ayabe-Kanamura S, Schicker I, Laska M, Hudson R, Distel H, Kobayakawa T, Saito S. 1998. Differences in Perception of Everyday Odors: a Japanese-German Cross-cultural Study. *Chem Senses* 23:31-38.
- Aznar M, López R, Cacho JF, Ferreira V. 2001. Identification and quantification of impact odorants of aged red wines from Rioja. GC-olfactometry, quantitative GC-MS, and odor evaluation of HPLC fractions. *J Agric Food Chem* 49:2924-2929.
- Baron-Cohen S, Richler J, Bisarya D, Gurunathan N, Wheelwright S. 2003. The systemizing quotient: an investigation of adults with Asperger syndrome or high-functioning autism, and normal sex differences. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 358:361-374.
- Baron-Cohen S, Wheelwright S. 2004. The empathy quotient: an investigation of adults with

- Asperger syndrome or high functioning autism, and normal sex differences. *J Autism Dev Disord* 34:163-175.
- Baron-Cohen S, Wheelwright S, Skinner R, Martin J, Clubley E. 2001. The autism-spectrum quotient (AQ): evidence from Asperger syndrome/high-functioning autism, males and females, scientists and mathematicians. *J Autism Dev Disord* 31:5-17.
- Bennetto L, Kuschner ES, Hyman SL. 2007. Olfaction and Taste Processing in Autism. *Biol Psychiatry* 62:1015-1021.
- Bernardino I, Mouga S, Almeida J, Asselen M van, Oliveira G, Castelo-Branco M. 2012. A Direct Comparison of Local-Global Integration in Autism and other Developmental Disorders: Implications for the Central Coherence Hypothesis. *PLoS One* [Epub ahead of print] DOI: 10.1371/journal.pone.0039351.
- Berre EL, Béno N, Ishii A, Chabanet C, Etiévant P, Thomas-Danguin T. 2008b. Just Noticeable Differences in Component Concentrations Modify the Odor Quality of a Blending Mixture. *Chem Senses* 33:389-395.
- Berre EL, Jarmuzek E, Béno N, Etiévant P, Prescott J, Thomas-Danguin T. 2010. Learning Influences the Perception of Odor Mixtures. *Chemosens Percept.* 3:156-166.
- Berre EL, Thomas-Danguin T, Béno N, Coureaud G, Etiévant P, Prescott J. 2008a. Perceptual Processing Strategy and Exposure Influence the Perception of Odor Mixtures. *Chem Senses* 33:193-199.
- Bestgen A-K, Schulze P, Kuchinke L. 2015. Odor Emotional Quality Predicts Odor Identification. *Chem Senses* 40:517-523.
- Biscaldi M, Rauh R, Elst LT van, Riedel A. 2012. Autismus-Spektrum-Störungen vom Kindes- bis ins Erwachsenenalter. *Nervenheilkunde* 31:498-507.
- Bölte S, Holtmann M, Poustka F, Scheurich A, Schmidt L. 2007. Gestalt perception and local-global processing in high-functioning autism. *J Autism Dev Disord* 37:1493-1504.
- Bölte S, Poustka F. 2002. Intervention bei autistischen Störungen: Status quo, evidenzbasierte, fragliche und fragwürdige Techniken. *Z Kinder Jugendpsychiatri Psychother* 30:271-280.
- Bolton PF, Veltman MWM, Weisblatt E, Holmes JR, Thomas NS, Youings SA, Thompson RJ, Roberts SE, Dennis NR, Browne CE, Goodson S, Moore V, et al. 2004. Chromosome 15q11-13 abnormalities and other medical conditions in individuals with

- autism spectrum disorders. *Psychiatr Genet* 14:131-137.
- Bonnel A, Mottron L, Peretz I, Trudel M, Gallun E, Bonnel A-M. 2003. Enhanced pitch sensitivity in individuals with autism: a signal detection analysis. *J Cogn Neurosci* 15:226-235.
- Booth R, Charlton R, Hughes C, Happé F. 2003. Disentangling weak coherence and executive dysfunction: planning drawing in autism and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 358:387-392.
- Brewer WJ, Brereton A, Tonge BJ. 2008. Dissociation of age and ability on a visual analogue of the University of Pennsylvania Smell Identification Test in children with autism. *Res Autism Spectr Disord* 2:612-620.
- Cain WS, Gent J, Catalanotto FA, Goodspeed RB. 1983. Clinical evaluation of olfaction. *Am J Otolaryngol* 4:252-256.
- Chiang H-M, Tsai LY, Cheung YK, Brown A, Li H. 2014. A meta-analysis of differences in IQ profiles between individuals with Asperger's disorder and high-functioning autism. *J Autism Dev Disord* 44:1577-1596.
- Cholemkery H. 2016. Klinische Symptomatik von Autismus-Spektrum-Störungen, ADHS und Angststörungen. *Neuro aktuell*, Westermeyer Verlag, Pentenried [Aufruf am 04.10.2016] URL: http://www.westermayer-verlag.de/download/neuro_16-3_Blick_ins_Heft.pdf
- Croy I, Olgun S, Mueller L, Schmidt A, Muench M, Gisselmann G, Hatt H, Hummel T. 2016. Spezifische Anosmie als Prinzip olfaktorischer Wahrnehmung. *HNO* 64:292-295.
- Davies S, Bishop D, Manstead ASR, Tantam D. 1994. Face Perception in Children with Autism and Asperger's Syndrome. *J Child Psychol Psychiatry* 35:1033-1057.
- Deruelle C, Rondan C, Gepner B, Fagot J. 2006. Processing of compound visual stimuli by children with autism and Asperger syndrome. *Int J Psychol* 41:97-106.
- Domes G, Kumbier E, Herpertz-Dahlmann B, Herpertz PDSC. 2008. Autismus und soziale Kognition. *Nervenarzt* 79:261-274.
- Donnell AJ, Pliskin N, Holdnack J, Axelrod B, Randolph C. 2007. Rapidly-administered short forms of the Wechsler Adult Intelligence Scale-3rd edition. *Arch Clin Neuropsychol* 22:917-924.

- Doty RL, Shaman P, Dann M. 1984. Development of the university of pennsylvania smell identification test: A standardized microencapsulated test of olfactory function. *Physiol Behav* 32:489-502.
- Draguhn A. 2014. Geschmack und Geruch. In: Pape H-C, Kurtz A, Silbernagl S (Hrsg) *Physiologie*. 7. Aufl. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, S. 805-818.
- Dudova I, Hrdlicka M. 2013. Olfactory functions are not associated with autism severity in autism spectrum disorders. *Neuropsychiatr Dis Treat* 9:1847-1851.
- Dudova I, Vodicka J, Havlovicova M, Sedlacek Z, Urbanek T, Hrdlicka M. 2011. Odor detection threshold, but not odor identification, is impaired in children with autism. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 20:333-340.
- Edgin JO, Pennington BF. 2005. Spatial cognition in autism spectrum disorders: superior, impaired, or just intact? *J Autism Dev Disord* 35:729-745.
- Erwin E. 2014. Olfaktorische Wahrnehmung nach Emotionsinduktion: eine Studie zur Untersuchung der Riechwahrnehmung in Zusammenhang mit der aktuellen Emotionalität gesunder Probanden. Technische Universität, Medizinische Fakultät Dresden, Dissertation.
- Förstl H (Hrsg). 2012. *Theory of Mind: Neurobiologie und Psychologie sozialen Verhaltens*. 2. Aufl. Springer-Verlag, Berlin.
- Fombonne E, Quirke S, Hagen A. 2009. Prevalence and Interpretation of Recent Trends in Rates of Pervasive Developmental Disorders. *McGill J Med* 12:73.
- Freitag CM. 2008. Genetik autistischer Störungen. *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother* 36:7-15.
- Freitag CM. 2009. Diagnose und Therapie autistischer Störungen. *Monatsschr Kinderheilkd* 157:1257-1266.
- Frith U. 1989. *Autism: explaining the enigma*. Basil Blackwell, Oxford.
- Frith U, Happé F. 1994. Autism: beyond "theory of mind." *Cognition* 50:115-132.
- Galle SA, Courchesne V, Mottron L, Frasnelli J. 2013. Olfaction in the autism spectrum. *Perception* 42:341-355.
- Gems T. 2015. *GoodBye Autismus: Mögliche Wege aus dem Autismus mit der ILERT Methode*. BoD - Books on Demand, Norderstedt.

- Haker H. 2014. Asperger-Syndrom – eine Modediagnose? Praxis 103:1191-1196.
- Happé FG. 1996. Studying weak central coherence at low levels: children with autism do not succumb to visual illusions. A research note. J Child Psychol Psychiatry 37:873-877.
- Hatt H. 2004. Molecular and cellular basis of human olfaction. Chem Biodivers 1:1857-1869.
- Heaton P. 2003. Pitch memory, labelling and disembedding in autism. J Child Psychol Psychiatry 44:543-551.
- Heaton P, Hermelin B, Pring L. 1998. Autism and Pitch Processing: A Precursor for Savant Musical Ability? Music Percept 15:291-305.
- Hermelin B. 2001. Bright Splinters of the Mind: A Personal Story of Research with Autistic Savants. Jessica Kingsley Publishers, London.
- Howard JS, Sparkman CR, Cohen HG, Green G, Stanislaw H. 2005. A comparison of intensive behavior analytic and eclectic treatments for young children with autism. Res Dev Disabil 26:359-383.
- Hrdlicka M, Vodicka J, Havlovicova M, Urbanek T, Blatny M, Dudova I. 2011. Brief Report: Significant Differences in Perceived Odor Pleasantness Found in Children with ASD. J Autism Dev Disord 41:524-527.
- Hubl D, Bölte S, Feineis-Matthews S, Lanfermann H, Federspiel A, Strik W, Poustka F, Dierks T. 2003. Functional imbalance of visual pathways indicates alternative face processing strategies in autism. Neurology 61:1232-1237.
- Hummel T, Heckmann JG. 2009. Riechen. In: Reiß M (Hrsg) Facharztwissen HNO-Heilkunde: Differenzierte Diagnostik und Therapie. Springer-Verlag, Berlin, S. 331-332.
- Hummel T, Sekinger B, Wolf SR, Pauli E, Kobal G. 1997. "Sniffin" sticks': olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold. Chem Senses 22:39-52.
- Hummel T, Welge-Lüssen A. 2008. Riech- und Schmeckstörungen: Physiologie, Pathophysiologie und therapeutische Ansätze. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- Ishida R, Kamio Y, Nakamizo S. 2009. Perceptual Distortions of Visual Illusions in Children with High-Functioning Autism Spectrum Disorder. Psychologia 52:175-187.

- Jolliffe T, Baron-Cohen S. 1999. A test of central coherence theory: linguistic processing in high-functioning adults with autism or Asperger syndrome: is local coherence impaired? *Cognition* 71:149-185.
- Jolliffe T, Baron-Cohen S. 2001. A test of central coherence theory: Can adults with high-functioning autism or Asperger syndrome integrate objects in context? *Vis cogn* 8:67-101.
- Joseph RM, Tanaka J. 2003. Holistic and part-based face recognition in children with autism. *J Child Psychol Psychiatry* 44:529-542.
- Kamp-Becker I, Bölte S. 2014. *Autismus*. 2. Aufl. Ernst Reinhardt Verlag, München (UTB Profile; 3567).
- Kanner L. 1943. Autistic disturbances of affective contact. *Nerv Child* 2:217-250.
- Kaufman AS, Ishikuma T, Kaufman-Packer JL. 1991. Amazingly Short Forms of the WAIS-R. *J Psychoeduc Assess* 9:4-15.
- Klosinski PDG, Troje AE. 2004. Entwicklungsverlauf im 2. und 3. Lebensjahrzehnt bei 18 Patienten mit Kanner-Autismus. *Nervenarzt* 75:675-680.
- Köhler LK, Hummel C, Albertowski K, Roeßner V, Hummel T. 2013. Odor perception and cerebral odor processing in adults with autism spectrum condition. Abstract, Huntington Beach, S. 36. Association for Chemoreception Sciences [Aufruf am 16.07.2016] URL: <http://www.achems.org/files/2013%20Annual%20Meeting/Program/FINAL%202013%20Abstracts.pdf>.
- Koelega HS, Köster EP. 1974. Some experiments on sex differences in odor perception. *Ann N Y Acad Sci* 237:234-246.
- Koester EP. 2005. The specific characteristics of the sense of smell. In: Rouby C, Schaal B, Dubois D, Gervais R, Holley A (Eds) *Olfaction, Taste, and Cognition*. Cambridge University Press, Cambridge, S. 27-44.
- Kohs SC. 1923. *Intelligence Measurement: A psychological and statistical study based upon the block-design tests*. Macmillan Company, New York.
- Koyama T, Tachimori H, Osada H, Takeda T, Kurita H. 2007. Cognitive and symptom profiles in Asperger's syndrome and high-functioning autism. *Psychiatry Clin Neurosci* 61:99-104.

- Kramer JH, Ellenberg L, Leonard J, Share LJ. 1996. Developmental sex differences in global-local perceptual bias. *Neuropsychology* 10:402-407.
- Lahaie A, Mottron L, Arguin M, Berthiaume C, Jemel B, Saumier D. 2006. Face perception in high-functioning autistic adults: evidence for superior processing of face parts, not for a configural face-processing deficit. *Neuropsychology* 20:30-41.
- Laing DG, Francis GW. 1989. The capacity of humans to identify odors in mixtures. *Physiol Behav* 46:809-814.
- Laing DG, Glemarec A. 1992. Selective attention and the perceptual analysis of odor mixtures. *Physiol Behav* 52:1047-1053.
- Legiša J, Messinger D, Kermol E, Marlier L. 2013. Emotional Responses to Odors in Children with High-Functioning Autism: Autonomic Arousal, Facial Behavior and Self-Report. *J Autism Dev Disord* 43:869-879.
- Leopold DA, Hummel T, Schwob JE, Hong SC, Knecht M, Kobal G. 2000. Anterior distribution of human olfactory epithelium. *Laryngoscope* 110:417-421.
- Livermore A, Laing DG. 1996. Influence of training and experience on the perception of multicomponent odor mixtures. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 22:267-277.
- Livermore A, Laing DG. 1998. The influence of odor type on the discrimination and identification of odorants in multicomponent odor mixtures. *Physiol Behav* 65:311-320.
- Mainland JD, Keller A, Li YR, Zhou T, Trimmer C, Snyder LL, Moberly AH, Adipietro KA, Liu WLL, Zhuang H, Zhan S, Lee SS, et al. 2014. The missense of smell: functional variability in the human odorant receptor repertoire. *Nat Neurosci* 17:114-120.
- Maresh A, Gil DR, Whitman MC, Greer CA. 2008. Principles of Glomerular Organization in the Human Olfactory Bulb – Implications for Odor Processing. *PLoS One* [Epub ahead of print] DOI: 10.1371/journal.pone.0002640.
- Martin GN, Daniel N. 2014. Autism spectrum disorders and chemoreception: dead-end or fruitful avenue of inquiry? *Dev Psychol* 5:42.
- May T, Brewer WJ, Rinehart NJ, Enticott PG, Brereton AV, Tonge BJ. 2011. Differential Olfactory Identification in Children with Autism and Asperger's Disorder: A Comparative and Longitudinal Study. *J Autism Dev Disord* 41:837-847.

- McGovern CW, Sigman M. 2005. Continuity and change from early childhood to adolescence in autism. *J Child Psychol Psychiatry* 46:401-408.
- Morgan B, Maybery M, Durkin K. 2003. Weak central coherence, poor joint attention, and low verbal ability: Independent deficits in early autism. *Dev Psychol* 39:646-656.
- Mottron L, Burack JA, Stauder JE, Robaey P. 1999. Perceptual processing among high-functioning persons with autism. *J Child Psychol Psychiatry* 40:203-211.
- Mottron L, Burack JA, Iarocci G, Belleville S, Enns JT. 2003. Locally oriented perception with intact global processing among adolescents with high-functioning autism: evidence from multiple paradigms. *J Child Psychol Psychiatry* 44:904-913.
- Mottron L, Peretz I, Ménard E. 2000. Local and global processing of music in high-functioning persons with autism: beyond central coherence? *J Child Psychol Psychiatry* 41:1057-1065.
- Muth A, Hönekopp J, Falter CM. 2014. Visuo-spatial performance in autism: a meta-analysis. *J Autism Dev Disord* 44:3245-3263.
- Navon D. 1977. Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognit Psychol* 9:353-383.
- Ozonoff S, Strayer DL, McMahon WM, Filloux F. 1994. Executive function abilities in autism and Tourette syndrome: an information processing approach. *J Child Psychol Psychiatry* 35:1015-1032.
- Pellicano E, Gibson L, Maybery M, Durkin K, Badcock DR. 2005. Abnormal global processing along the dorsal visual pathway in autism: a possible mechanism for weak visuospatial coherence? *Neuropsychologia* 43:1044-1053.
- Peirce JW. 2007. PsychoPy - Psychophysics software in Python. *J Neurosci Methods* 162:8-13.
- Plaisted K, Swettenham J, Rees L. 1999. Children with autism show local precedence in a divided attention task and global precedence in a selective attention task. *J Child Psychol Psychiatry* 40:733-742.
- Punter PH. 1983. Measurement of human olfactory thresholds for several groups of structurally related compounds. *Chem Senses* 7:215-235.
- Remschmidt H, Schmidt MH, Poustka F (Hrsg). 2012. Multiaxiales Klassifikationsschema für psychische Störungen des Kindes- und Jugendalters nach ICD-10 der WHO: Mit einem

- synoptischen Vergleich von ICD-10 mit DSM-IV. 6 Aufl. Verlag Hans Huber, Bern.
- Remschmidt H, Kamp-Becker I. 2007. Das Asperger-Syndrom – eine Autismus-Spektrum-Störung. Dtsch Arztl 104:873-882.
- Rinehart NJ, Bradshaw JL, Moss SA, Brereton AV, Tonge BJ. 2000. Atypical interference of local detail on global processing in high-functioning autism and Asperger's disorder. J Child Psychol Psychiatry 41:769-778.
- Rondan C, Deruelle C. 2007. Global and configural visual processing in adults with autism and Asperger syndrome. Res Dev Disabil 28:197-206.
- Schriever DVA, Abolmaali N, Welge-Lüssen A. 2014. Diagnostik bei Riechstörungen. HNO 62:853-859.
- Schroer RJ, Phelan MC, Michaelis RC, Crawford EC, Skinner SA, Cuccaro M, Simensen RJ, Bishop J, Skinner C, Fender D, Stevenson RE. 1998. Autism and maternally derived aberrations of chromosome 15q. Am J Med Genet 76:327-336.
- Schultz RT, Gauthier I, Klin A, Fulbright RK, Anderson AW, Volkmar F, Skudlarski P, Lacadie C, Cohen DJ, Gore JC. 2000. Abnormal Ventral Temporal Cortical Activity During Face Discrimination Among Individuals With Autism and Asperger Syndrome. Arch Gen Psychiatry 57:331-340.
- Shah A, Frith U. 1993. Why do autistic individuals show superior performance on the block design task? J. Child Psychol. Psychiatry 34:1351-1364.
- Sinding C, Thomas-Danguin T, Chambault A, Béno N, Dosne T, Chabanet C, Schaal B, Coureaud G. 2013. Rabbit Neonates and Human Adults Perceive a Blending 6-Component Odor Mixture in a Comparable Manner. PLoS One [Epub ahead of print] DOI: 10.1371/journal.pone.0053534.
- Sommer JU, Maboshe W, Griebel M, Heiser C, Hörmann K, Stuck BA, Hummel T. 2012. A mobile olfactometer for fMRI-studies. J Neurosci Methods 209:189-194.
- Soulières I, Zeffiro TA, Girard ML, Mottron L. 2011. Enhanced mental image mapping in autism. Neuropsychologia 49:848-857.
- Spek AA, Scholte EM, Van Berckelaer-Onnes IA. 2011. Local information processing in adults with high functioning autism and asperger syndrome: the usefulness of neuropsychological tests and self-reports. J Autism Dev Disord 41:859-869.

- Suzuki Y, Critchley HD, Rowe A, Howlin P, Murphy DGM. 2003. Impaired olfactory identification in Asperger's syndrome. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 15:105-107.
- Tavassoli T, Baron-Cohen S. 2012. Olfactory Detection Thresholds and Adaptation in Adults with Autism Spectrum Condition. *J Autism Dev Disord* 42:905-909.
- Tavassoli T, Miller LJ, Schoen SA, Nielsen DM, Baron-Cohen S. 2014. Sensory over-responsivity in adults with autism spectrum conditions. *Autism* 18:428-432.
- Wang L, Mottron L, Peng D, Berthiaume C, Dawson M. 2007. Local bias and local-to-global interference without global deficit: a robust finding in autism under various conditions of attention, exposure time, and visual angle. *Cogn Neuropsychol* 24:550-574.
- Welge-Lüssen A, Hummel T. 2014. Management of smell and taste disorders: a practical guide for clinicians. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- Wheelwright S, Baron-Cohen S, Goldenfeld N, Delaney J, Fine D, Smith R, Weil L, Wakabayashi A. 2006. Predicting Autism Spectrum Quotient (AQ) from the Systemizing Quotient-Revised (SQ-R) and Empathy Quotient (EQ). *Brain Res* 1079:47-56.

7 ANHANG

7.1 Mischungen für die elementare Testung

Mischungen	enthaltene Komponenten	Mischungsverhältnis (in Tropfen)
AB	Carvon + Benzaldehyd	3/2
AD	Carvon + Limone	3/4
BE	Benzaldehyd + Eugenol	1/1
CE	Cis-3-hexenol + Eugenol	1/2
CF	Cis-3-hexenol + Ethyl-n-butytrat	1/2
DF	Limone + Ethyl-n-butytrat	2/1
ACD	Carvon + Cis-3-hexenol + Limone	1/1/2
AEF	Carvon + Eugenol + Ethyl-n-butytrat	1/1/1
BDF	Benzaldehyd + Limone + Ethyl-n-butytrat	1/2/1
BCE	Benzaldehyd + Cis-3-hexenol + Eugenol	1/1/2
ABDE	Carvon + Benzaldehyd + Limone + Eugenol	1/1/2/1
ACEF	Carvon + Cis-3-hexenol + Eugenol + Ethyl-n-butytrat	1/1/2/1
BCDF	Benzaldehyd + Cis-3-hexenol + Limone + Ethyl-n-butytrat	1/1/2/1
ABCDE	Carvon + Benzaldehyd + Cis-3-hexenol + Limone + Eugenol	1/1/1/2/2
ABCDF	Carvon + Benzaldehyd + Cis-3-hexenol + Limone + Ethyl-n-butytrat	1/1/1/2/1
ABCEF	Carvon + Benzaldehyd + Cis-3-hexenol + Eugenol + Ethyl-n-butytrat	1/1/1/1/1
ABCDEF	Carvon + Benzaldehyd + Cis-3-hexenol + Limone + Eugenol + Ethyl-n-butytrat	1/1/1/1/1/1

7.2 Beispielprotokoll für die Präsentation der Mischungen und Komponenten

1. Termin: konfigurale Testung:

Index 1	
Entspricht dieser Geruch dem von Ananas?	367
Entspricht dieser Geruch dem von Grenadine?	229
Entspricht dieser Geruch dem von Grenadine?	744
Entspricht dieser Geruch dem von Ananas?	194
Entspricht dieser Geruch dem von Grenadine?	219
Entspricht dieser Geruch dem von Grenadine?	559
Entspricht dieser Geruch dem von Ananas?	874
Entspricht dieser Geruch dem von Grenadine?	115
Entspricht dieser Geruch dem von Grenadine?	881
Entspricht dieser Geruch dem von Grenadine?	997
Entspricht dieser Geruch dem von Grenadine?	446
Entspricht dieser Geruch dem von Ananas?	531

Training 1 (elementare Testung):

S1	
971	Mandel
984	Fruchtig
331	Nelke
459	Minze
774	Orange
159	Gras
984	Fruchtig
459	Minze
971	Mandel
159	Gras
331	Nelke
774	Orange
459	Minze
159	Gras
984	Fruchtig
774	Orange
971	Mandel
331	Nelke
159	Gras
774	Orange
459	Minze
331	Nelke
984	Fruchtig
971	Mandel
774	Orange
331	Nelke
159	Gras
971	Mandel
459	Minze
984	Fruchtig
331	Nelke
971	Mandel
774	Orange
984	Fruchtig
159	Gras
459	Minze

2. Termin:

Training 2 (elementare Testung):

S2	
984	Fruchtig
459	Minze
971	Mandel
159	Gras
331	Nelke
774	Orange
459	Minze
159	Gras
984	Fruchtig
774	Orange
971	Mandel
331	Nelke
159	Gras
774	Orange
459	Minze
331	Nelke
984	Fruchtig
971	Mandel
774	Orange
331	Nelke
159	Gras
971	Mandel
459	Minze
984	Fruchtig
331	Nelke
971	Mandel
774	Orange
984	Fruchtig
159	Gras
459	Minze
971	Mandel
984	Fruchtig
331	Nelke
459	Minze
774	Orange
159	Gras

elementare Testung:

459
971
306
159
255
774
339
331
691
984
418
112
294
651
832
612
695
851
259
912
713
485
897