

Aus der
Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie Tübingen
Allgemeine Psychiatrie und Psychotherapie mit Poliklinik

**Soziale Kommunikation durch emotionale Körpergerüche
und ihre Rolle bei Autismus-Spektrum-Störungen**

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

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

**vorgelegt von
Noll, Janina Julia**

2025

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professorin Dr. B. Derntl

2. Berichterstatter: Professor Dr. S. Gais

Tag der Disputation: 06.10.2025

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	
Abbildungsverzeichnis	
Tabellenverzeichnis	
1 Einleitung	1
1.1 Der Geruchssinn	1
1.1.1 Anatomie und Physiologie	1
1.1.2 Bedeutung des Geruchssinns für den Menschen	4
1.2 Körpergerüche und deren Einfluss auf die soziale Interaktion	6
1.2.1 Was ist Körpergeruch?	6
1.2.2 Informationen, die von Körpergerüchen übertragen werden	8
1.3 Autismus-Spektrum-Störungen	10
1.3.1 Eigenschaften	10
1.3.2 Einfluss der Erkrankung auf die soziale Interaktion	12
1.3.3 Körpergerüche – Ein Erklärungsansatz für die Einschränkungen bei Autismus-Spektrum-Störungen?.....	13
1.4 Fragestellung und Untersuchungsziele	14
2 Versuchspersonen, Material und Methoden	17
2.1 Ethikvotum	17
2.2 Allgemeiner Studienaufbau	17
2.3 Probengewinnung	18
2.3.1 Versuchspersonen	18
2.3.2 Voruntersuchung.....	19
2.3.3 Versuchsaufbau	20
2.3.4 Experimenteller Ablauf.....	21
2.3.5 Emotionsinduktion.....	24
2.4 Geruchspräsentation	25
2.4.1 Versuchspersonen	25
2.4.2 Geruchsproben	27
2.4.3 Voruntersuchung.....	28
2.4.4 Versuchsaufbau	29
2.4.5 Experimenteller Ablauf.....	30
2.5 Screeninginstrumente und Kontrollvariablen	32
2.5.1 Semistrukturiertes klinisches Interview für DSM-IV (SKID)	32
2.5.2 Toronto-Alexithymie-Skala-20.....	33
2.5.3 State-Trait-Angstinventar	33
2.5.4 Revidiertes Beck-Depressions-Inventar.....	34
2.5.5 Diagnostische Beobachtungsskala für Autistische Störungen 2.....	34
2.5.6 Autismus-Spektrum-Quotient.....	34
2.5.7 Sniffin' Sticks Extended Test.....	35

2.6	Statistische Auswertung	36
2.6.1	Auswertung der soziodemografischen Eigenschaften der Stichproben.....	36
2.6.2	Auswertung der Emotionsinduktion	37
2.6.3	Auswertung der Geruchspräsentation	37
3	Ergebnisse	39
3.1	Probengewinnung	39
3.1.1	Demografie der Stichprobe	39
3.1.2	Kontrollparameter	40
3.1.3	Überprüfung der Emotionsinduktion durch Filmausschnitte	42
3.2	Geruchspräsentation	46
3.2.1	Demografie der Stichprobe	46
3.2.2	Sniffin' Sticks Extended Test.....	49
3.2.3	Kontrollparameter	50
3.2.4	Geruchsbewertungen.....	51
4	Diskussion	62
4.1	Diskussion der Ergebnisse	62
4.1.1	Probengewinnung	62
4.1.2	Geruchspräsentation.....	64
4.2	Diskussion von Versuchspersonen, Material und Methoden	77
4.2.1	Probengewinnung	77
4.2.2	Geruchspräsentation.....	82
4.3	Schlussfolgerung und Ausblick	89
5	Zusammenfassung	92
5.1	Deutsche Zusammenfassung	92
5.2	Englische Zusammenfassung	94
6	Literaturverzeichnis	96
7	Anhang	112
8	Erklärung zum Eigenanteil	118
9	Veröffentlichungen	119
10	Danksagung	120

Abkürzungsverzeichnis

ADHS	.....	Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung
ADOS-2	.....	Diagnostische Beobachtungsskala für Autistische Störungen - 2
ANOVA	.....	Varianzanalyse (analysis of variance)
AQ	.....	Autismus-Spektrum-Quotient
AS	.....	Asperger-Syndrom
ASS	.....	Autismus-Spektrum-Störung
BDI-II	.....	Revidierte Version des Beck-Depressions-Inventars
EHQ	.....	Edinburgh Händigkeitfragebogen
EKG	.....	Elektrokardiogramm
EMG	.....	Elektromyografie
GEE	.....	Generalisierte Schätzgleichungen (General Estimated Equations)
IQA	.....	Interquartilsabstand
KG	.....	Kontrollgruppe
KöG	.....	Körpergeruch
M	.....	Mittelwert
Max	.....	Maximum
Mdn	.....	Median
Min	.....	Minimum
n	.....	Fallzahl
NsG	.....	Nicht-sozialer Geruch
SD	.....	Standardabweichung
SKID	.....	Semistrukturiertes, klinisches Interview für DSM-IV
STAI	.....	State-Trait-Anxiety Inventory
TAS-20	.....	Toronto-Alexithymie-Skala-20
VAS	.....	Visuelle Analogskala

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Anatomie und Physiologie des Riechvorgangs.....	4
Abbildung 2 Allgemeiner Studienaufbau	18
Abbildung 3 Versuchsaufbau der Probengewinnung durch Emotionsinduktion mittels Filmclips.....	21
Abbildung 4 Fixierung und axillare Lage der Kompressen.....	23
Abbildung 5 Versuchsaufbau der Geruchspräsentation.....	30
Abbildung 6 Ablauf der Geruchspräsentation der vier Blöcke in randomisierter Reihenfolge.....	32
Abbildung 7 Mittlere Schweißproduktion von weiblichen und männlichen Teilnehmenden in Gramm (g) nach Filmkategorie Horror-, Komödien- und Dokumentarfilme	43
Abbildung 8 Durchschnittliche Bewertungen des emotionalen Zustands vor (1) und nach (2) der Emotionsinduktion durch die Filmkategorien A (Horrorfilme, negativ), B (Komödien, positiv) und C (Dokumentarfilme, neutral) während der Körpergeruchsgewinnung	45
Abbildung 9 Riechperformance der Gruppe mit Autismus-Spektrum-Störung (ASS) und der Kontrollgruppe (KG), erhoben mittels Sniffin' Sticks Test (3 Subtests: Schwellen-, Diskriminations- und Identifikationstest).....	50
Abbildung 10 Durchschnittliche Intensität der nicht-sozialen Gerüche (NsG) und der Körpergerüche (KöG) nach Valenz und Gruppe.....	53
Abbildung 11 Durchschnittliche Erregung der nicht-sozialen Gerüche (NsG) und Körpergerüche (KöG) nach Valenz und Gruppe.....	56
Abbildung 12 Durchschnittliche Vertrautheit der nicht-sozialen Gerüche (NsG) und Körpergerüche (KöG) nach Valenz und Gruppe.....	58
Abbildung 13 Durchschnittliche Annehmlichkeit der nicht-sozialen Gerüche (NsG) und Körpergerüche (KöG) nach Valenz und Gruppe	60
Abbildung 14 Ergebnisse der Identifikationsaufgabe. Richtige oder falsche Identifikationen von negativen, positiven, neutralen Körpergerüchen (KöG) oder Leerproben in Prozent der Zuordnungen innerhalb der Gruppen (ASS-, Kontrollgruppe oder gesamte Stichprobe)	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 State-Trait-Angstinventar: Summenwerte der State-Angst (STAI-S) nach Filmkategorie bei der Probengewinnung.....	41
Tabelle 2 Evaluation des Experiments aus Sicht der Versuchspersonen	42
Tabelle 3 Gewicht der Kompressen (in Gramm) nach Filmkategorie und Geschlecht bei der Probengewinnung	44
Tabelle 4 Soziodemografische Daten der Stichprobe der Geruchspräsentation aufgeteilt in die Gruppe mit Autismus-Spektrum-Störung (ASS) und die Kontrollgruppe (KG)	47
Tabelle 5 Durchschnittliche Bewertungen des emotionalen Zustands vor (1) und nach (2) der Emotionsinduktion durch die Filmkategorien A (Horrorfilme, negativ), B (Komödien, positiv) und C (Dokumentarfilme, neutral) während der Körpergeruchsgewinnung	112
Tabelle 6 Ergebnisse der psychometrischen Fragebögen der Geruchspräsentation der Teilnehmenden mit Autismus-Spektrum-Störung (ASS) und der Kontrollgruppe (KG)	114
Tabelle 7 Riechperformance der Teilnehmenden mit Autismus-Spektrum-Störung (ASS) und der Kontrollgruppe (KG), erhoben mittels Sniffin' Sticks Test (3 Subtests: Schwellen-, Diskriminations- und Identifikationstest).....	116
Tabelle 8 Stimmung der Teilnehmenden mit Autismus-Spektrum-Störung (ASS) und der Kontrollgruppe (KG) zwischen den vier Blöcken der Geruchspräsentation (gemessen mittels visueller Analogskala von 0 bis 100)	117

1 Einleitung

„Ich kann dich gut riechen!“, diese Aussage hört man im deutschen Sprachgebrauch häufig, wenn über die Beziehung zu einem Menschen gesprochen wird, obwohl hierbei nicht die bewusste olfaktorische Wahrnehmung gemeint ist. Studien haben gezeigt, dass der lang unterschätzte Geruchssinn des Menschen nicht nur zur Nahrungsmittelbewertung oder zur Witterung von Gefahr dient, sondern dass menschliche Individuen auch zur Wahrnehmung sozialer chemischer Information in der Lage sind (Stevenson, 2010). Unter einem menschlichen Chemosignal versteht man eine endogen synthetisierte Substanz, die freigesetzt wird, um die physiologischen Prozesse eines anderen Individuums zu beeinflussen. Unter diesen Signalen versteht man zumeist menschliche Körpergerüche, welche zahlreiche Informationen übertragen können, unter anderem auch Emotionen wie z. B. Angst (J. H. B. de Groot & Smeets, 2017). Dieses Phänomen der Emotionsübertragung soll in der vorliegenden Studie genauer untersucht werden. Personen mit Autismus-Spektrum-Störung (ASS) geben häufig an, soziale Signale nicht richtig interpretieren zu können und können dadurch Ablehnung und Ausgrenzung erleben. Es stellt sich somit die Frage, ob die dysfunktionale Wahrnehmung bzw. Interpretation von Körpergerüchen eine Rolle bei der Entstehung der sozialen Einschränkungen bei ASS spielt. Deshalb soll in dieser Studie untersucht werden, ob Personen mit ASS Gerüche im Allgemeinen und speziell Körpergerüche anders wahrnehmen.

1.1 Der Geruchssinn

1.1.1 Anatomie und Physiologie

Der Geruchssinn ist als einer der fünf Sinne bedeutsam für die Integration der Umweltreize zu einem Gesamteindruck, wodurch die Wahrnehmung und Bewertung der Umwelt ermöglicht wird. Menschen sind zur Diskrimination von sieben Basisgerüchen in der Lage: blumig, stechend, ätherisch, Pfefferminz, Moschus, Kampfer und faulig, wohingegen das breite Spektrum der Gerüche vermutlich durch eine Kombination von Basisgerüchen entsteht (Aumüller et al., 2010). Der Geruchssinn besteht aus einem in die Peripherie reichenden Anteil,

zu dem auch der erste Hirnnerv „Nervus olfactorius“ gehört, als auch aus einem zentralen Anteil, welcher für die höhere Verarbeitung der Geruchsreize zuständig ist. Das Riechepithel, auf dem sich die primären Sinneszellen für die Geruchspartikel befinden, ist im Dach der Nasenhöhle lokalisiert und umfasst ein Gebiet von ungefähr 5 cm² pro Seite und enthält circa 30 x 10⁶ Sensoren (Hick & Hick, 2013). Bezüglich der Größe des Riechepithels existieren jedoch individuelle Unterschiede (Moran, Rowley, Jafek, & Lovell, 1982). Beim Riechen werden die gasförmigen Geruchspartikel entweder über den orthonasalen (Krone, Gudziol, & Hummel, 2011) oder retronasalen Weg, wie z. B. bei der Nahrungsaufnahme, über den Pharynx zum Riechepithel weitergeleitet (Bojanowski & Hummel, 2012). Nachdem die Geruchsstoffe an Proteine des Schleimfilms binden, gelangen diese an die Rezeptoren der bipolaren olfaktorischen Zellen. Die primären Sinneszellen tragen kleine Zilien, welche in den Schleimfilm hineinragen und die Rezeptormoleküle enthalten (Aumüller et al., 2010). Obwohl das menschliche Genom 1000 Gene für die Rezeptorcodierung aufweist, werden nur etwa ein Drittel davon aktiviert, um die etwa 350 unterschiedlichen Rezeptorproteine zu bilden (Hick & Hick, 2013). Weitere Bestandteile der Riechschleimhaut sind neben den bipolaren Sinneszellen auch die Bowman-Drüsen, welche den Schleimfilm des Epithels bilden, und die Stütz- und Basalzellen (Smith & Bhatnagar, 2019). Beim Andocken der Geruchspartikel an die Rezeptoren wird eine G-Protein-gekoppelte Kaskade in Gang gesetzt, welche eine Depolarisation bewirkt und das Signal in Form eines Aktionspotentials über die Zellmembran weiterleitet (Seubert, Regenbogen, Habel, & Lundström, 2017). Olfaktorische Neurone weisen eine hohe Sensitivität auf, was bedeutet, dass bereits ein einziges Molekül eines Geruchsstoffs mithilfe der intrazellulären Signalverstärkung die Kaskade in Gang setzen kann (Hick & Hick, 2013). Zusätzlich kann durch olfaktorische Adaptation die Reizweiterleitung verringert werden (Hick & Hick, 2013). Die Erregung breitet sich entlang der Axone des Nervus olfactorius aus, welche gebündelt als Fila olfactoria durch die Lamina cribrosa in Richtung des Riechkolbens, des Bulbus olfactorius, ziehen (Aumüller et al., 2010). Über eine Potentialänderung werden die Geruchsinformationen über die Transmitterausschüttung an die Mitralzellen in die Glomeruli

weitergeleitet. Hier konvergieren die Signale von mehreren Nervenzellen in einem Verhältnis von hundert zu eins auf die Mitralzellen. Auch zwischen den Mitralzellen findet eine Verschaltung durch Interneurone oder Körnerzellen statt, welche hemmend auf die Signalweiterleitung einwirken und eine Kontrastverstärkung bewirken können (Hick & Hick, 2013). Der Bulbus olfactorius, welcher in der vorderen Schädelgrube lokalisiert ist, stellt somit den ersten Abschnitt der Informationsverarbeitung dar (Aumüller et al., 2010). Im Tractus olfactorius verlaufen die Axone der Mitralzellen dann zum olfaktorischen Kortex, dem primären Riechfeld. Es bestehen außerdem Verbindungen zum limbischen System, welches für Emotionen und Gedächtnisleistung verantwortlich ist (Seubert et al., 2017). So sind Kontakte zum Hippocampus an der Verknüpfung von Gedächtnisinhalten mit Gerüchen beteiligt, was erklärt, warum stark aversive Reize tief im Gedächtnis verankert sind (Aumüller et al., 2010). Außerdem bestehen Verknüpfungen zur Amygdala, welche an der Regulation der Emotionen und der kognitiven Bewertung der olfaktorischen Informationen beteiligt sind (Michela Gallagher & Chiba, 1996; Seubert et al., 2017). Des Weiteren hat die Riechbahn Verbindungen zum Hypothalamus, durch den vegetative Funktionen gesteuert werden (Aumüller et al., 2010). Verbindungen zum Thalamus ermöglichen erst nach der Verarbeitung im Kortex eine bewusste Wahrnehmung der Gerüche (Hick & Hick, 2013). Eine Übersicht des Riechvorgangs und der beteiligten anatomischen Strukturen sind Abbildung 1 zu entnehmen.

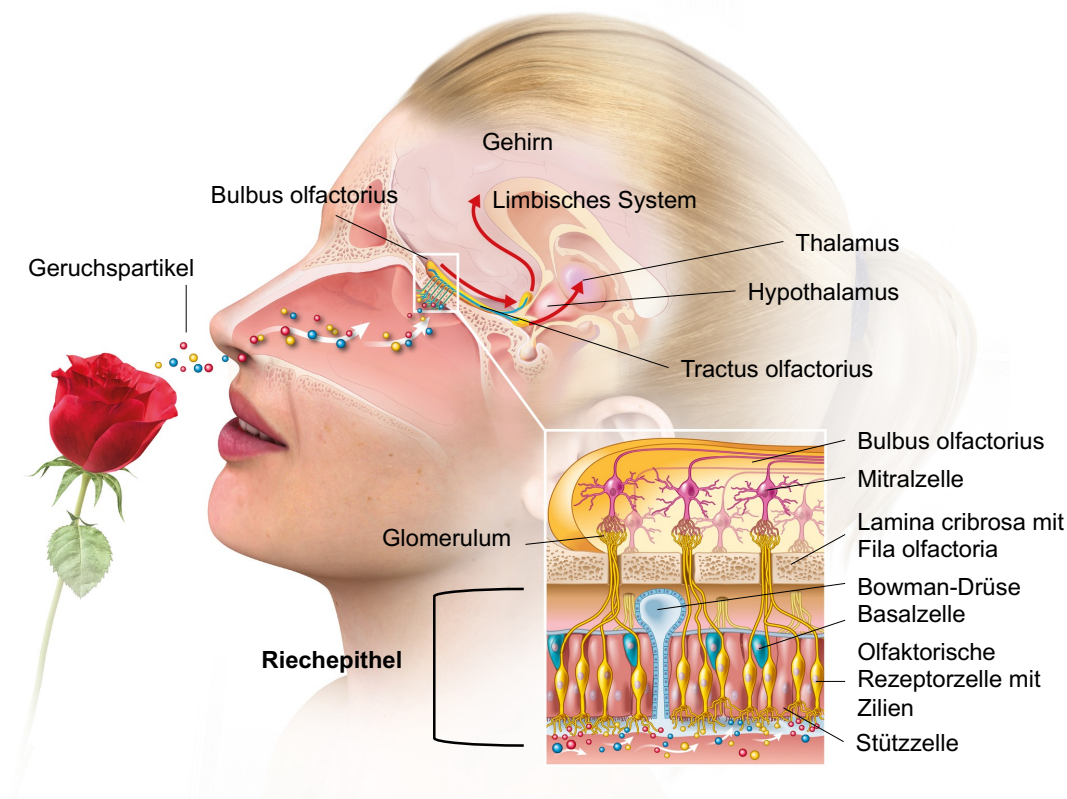


Abbildung 1 Anatomie und Physiologie des Riechvorgangs

Die Geruchspartikel binden an die olfaktorischen Rezeptorzellen des Riechepithels. Das dadurch erzeugte Signal wird über den Bulbus olfactorius und den Tractus olfactorius an den Riechkortex im Gehirn mit Verbindungen zum limbischen System (inklusive Hypothalamus) und zum Thalamus weitergeleitet.

Anmerkung. [©Axel Kock, 2021]/Depositphotos.com

1.1.2 Bedeutung des Geruchssinns für den Menschen

Der Geruchssinn des Menschen wurde im Vergleich zu dem der Tiere sehr lange unterschätzt (Seubert et al., 2017), da wichtige Anteile, wie sie bei anderen Säugetieren vorkommen, nur in reduzierter Form vorliegen (Menco & Morrison, 2003; Smith & Bhatnagar, 2019). Es hat sich herausgestellt, dass der menschliche Geruchssinn in hochkomplexe Vorgänge eingebunden und zu mehr in der Lage ist, als anfänglich angenommen. So können z. B. in einer Menge verschiedenster Geruchsreize wichtige von unwichtigen unterschieden werden. Die Plastizität des olfaktorischen Systems wird dadurch deutlich, dass die Verarbeitung von Gerüchen z. B. von kulturellen Einflüssen (Ayabe-Kanamura et al., 1998; Hudson, 1999), Lernerfahrungen und Erinnerungen (Ayabe-Kanamura,

Kikuchi, & Saito, 1997; Stevenson, 2010) abhängig ist. Olfaktorische Sinneseindrücke beeinflussen sowohl die Nahrungsaufnahme (Rozin, Fallon, & Augustoni-Ziskind, 1985), die Wahrnehmung von Gefahrensituationen (Cain & Turk, 1985), die Sexualpartnerwahl (Havlicek, Winternitz, & Roberts, 2020) als auch die soziale Interaktion z. B. über menschliche Chemosignale (J. H. de Groot, Smeets, Kaldewaij, Duijndam, & Semin, 2012; J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al., 2015). Die Verknüpfung von Erinnerung und Emotion mit Geruchsreizen scheint hierbei besonders stark zu sein (Herz, 2016; Stevenson, 2010) und wurde bereits in zahlreichen Studien herausgearbeitet (zusammengefasst in Kadohisa, 2013). So kann man sich z. B. durch die Wahrnehmung eines speziellen Geruchs an einzelne Situationen oder Menschen noch nach Jahren erinnern (Hatt, 2019).

Einflussfaktoren auf den Geruchssinn sind sehr komplex. So scheinen auch geschlechtsspezifische Faktoren Einfluss auf die Riechperformance zu haben. Studien haben gezeigt, dass Frauen besser riechen können als Männer (Richard L Doty & Cameron, 2009; Richard L Doty et al., 1984; Landis, Konnerth, & Hummel, 2004). Aber auch endokrine Einflüsse können modulierend wirken, indem sich der Geruchssinn im weiblichen Zyklus, in der Schwangerschaft oder unter hormoneller Kontrazeption verändert (Richard L Doty & Cameron, 2009). Personen im Alter von 20 bis 30 Jahren weisen die beste Riechperformance auf (Oleszkiewicz, Schriever, Croy, Hähner, & Hummel, 2019), wohingegen die Riechleistung ab dem 60. Lebensjahr kontinuierlich abnimmt (Richard L Doty et al., 1984). Hierbei ist besonders der Schwellenwert betroffen, sodass die Vermutung nahe liegt, dass die Abnahme der Riechperformance durch Schädigungen des peripheren olfaktorischen Epithels entsteht (Hummel, Kobal, Gudziol, & Mackay-Sim, 2007).

Einschränkungen des Geruchssinns erfordern objektive Messmethoden für eine zuverlässige Diagnose, hierbei ist der Sniffin' Sticks Test ein bewährtes Verfahren (Hummel et al., 2007; Hüttenbrink, 1997). Störungen des Geruchssinns können angeboren sein oder im Laufe des Lebens erworben werden. Unter einer Anosmie versteht man den vollständigen Verlust des Riechvermögens, unter Hyposmie eine Reduktion des Riechvermögens (Trepel,

2015). Störungen der Riechbahn resultieren meist in einer reduzierten Wahrnehmung aromatischer Geruchsstoffe (Trepel, 2015). In der Altersgruppe über 65 Jahren weisen circa fünf Prozent der Bevölkerung eine funktionelle Anosmie auf, eine Hyposmie circa 15 % (Landis et al., 2004). Ursachen hierfür können beispielsweise akute Infektionen oder Erkrankungen der Atemwege, ein Schädelhirntrauma als auch internistische oder neurologische Erkrankungen wie z. B. Diabetes oder Morbus Parkinson sein (Steinbach, Hundt, & Zahnert, 2008). Kardiovaskuläre Erkrankungen stehen nicht im Verdacht, den Geruchssinn zu beeinflussen (Landis et al., 2004). Auch Medikamente können Auswirkungen auf den Geruchssinn haben, so z. B. Opiate, Antibiotika, Calciumantagonisten oder trizyklische Antidepressiva (Steinbach et al., 2008). Auch Nikotin kann auf den Geruchssinn dosisabhängig toxisch wirken (Frye, Schwartz, & Doty, 1990) und führt bei Rauchern zu verminderten Sniffin' Sticks Testwerten (Katotomichelakis et al., 2007). Die toxische Wirkung ist jedoch in Teilen reversibel (Frye et al., 1990). Ein verringerter Geruchssinn hat nicht nur einen Informationsverlust zur Folge, sondern auch Einfluss auf Verhalten, Gesundheit und Lebensqualität: Hierbei kommt es zu Auswirkungen auf die emotionale Stimmung und damit zu einer höheren Vulnerabilität für psychische Erkrankungen (Stevenson, 2010). Umgekehrt zeigte sich jedoch auch in Studien, dass Personen mit Depressionen olfaktorische Defizite aufweisen, die unter Therapie reversibel sind (für eine Übersicht siehe Croy & Hummel, 2017).

1.2 Körpergerüche und deren Einfluss auf die soziale Interaktion

1.2.1 Was ist Körpergeruch?

Als Körpergeruch wird das Duft aussendende Sekret von Schweißdrüsen bezeichnet, welches durch das Mikrobiom, wie z. B. Bakterien und Hefepilze, verstoffwechselt wird. Schweißdrüsensekret ist im frisch gebildeten Zustand geruchlos und bekommt erst durch die mikrobielle Verstoffwechslung einen bewusst wahrnehmbaren Geruch (James, Austin, Cox, Taylor, & Calvert, 2013). Die menschliche Haut als größtes Organ des Körpers verfügt über eine große Anzahl apokriner und ekkriner Schweißdrüsen, Talgdrüsen und gemischter Drüsen, welche in unterschiedlicher Häufigkeit über die Körperoberfläche verteilt

sind. So befinden sich apokrine Schweißdrüsen überwiegend in der Axillar- und Genitalregion (Moll, 2016). Ekkrine Schweißdrüsen kommen am häufigsten vor und befinden auf der gesamten Körperoberfläche (Moll, 2016). Es kann davon ausgegangen werden, dass die Zusammensetzung von Körpergeruch verschiedenster Körperstellen variiert (Hussain, Mantri, & Cohen, 2017). In den meisten Studien wird axillarer Körpergeruch für die Probengewinnung genutzt, da sich in dieser Region besonders viele Schweißdrüsen mit unterschiedlichen Sekretanteilen befinden. Studien deuten darauf hin, dass besonders der axillare Körpergeruch für die soziale Interaktion bedeutsam ist (M. Gallagher et al., 2008; Hierl, Croy, & Schäfer, 2021; Wysocki & Preti, 2004). Schweißsekret besteht zu mehr als 99 % aus hydrophilen Bestandteilen, wie z. B. Wasser und Elektrolyten, welche vor allem von ekkrinen Schweißdrüsen sezerniert werden (Hussain et al., 2017). Die restlichen ein Prozent sind hydrophobe Bestandteile, wie z. B. Lipide, Steroide, Pheromone, Cholesterol und weitere Substanzen, welche überwiegend von den apokrinen Drüsen gebildet werden (Hussain et al., 2017). Zu beachten ist, dass Männer und Frauen sich nicht nur in der Verteilung der Schweißdrüsen, sondern auch in der Menge und Zusammensetzung des Schweißdrüsensekrets unterscheiden, wobei Männer deutlich mehr geruchsbildendes Sekret als Frauen produzieren (Sergeant, 2010). Aus diesem Grund wurden in früheren Studien vor allem Männer als Geruchsspender und Frauen als Geruchsempfängerinnen ausgewählt (für eine Übersicht siehe Calvi et al., 2020). Eine weitere Begründung hierfür ist, dass Frauen besser auf emotionale Stimuli reagieren (Lithari et al., 2010). Die soziale Wirkung von Körpergerüchen kann nicht allein auf einzelne geruchsbildende Bestandteile oder einzelne Pheromone zurückgeführt werden, sondern basiert auf einer Kombination unterschiedlicher chemischer Stoffe (Smeets et al., 2020). So wurden in einer Studie von Smeets et al. (2020) die chemischen Muster der volatilen Bestandteile analysiert und es zeigte sich, dass diese abhängig vom emotionalen Charakter unterschiedliche chemische Eigenschaften aufweisen. Smeets et al. (2020) sind der Meinung, dass Stoffe, welche für den bewusst wahrnehmbaren Schweißgeruch verantwortlich sind, nicht zwangsläufig etwas mit dem Überbringen sozialer Information zu tun hätten.

Die Regulation der Schweißdrüsen erfolgt durch das vegetative Nervensystem (Hussain et al., 2017). Bei der Aktivierung des sympathischen Nervensystems wird die Schweißbildung durch den Neurotransmitter Adrenalin besonders angeregt. Es zeigte sich, dass unter Stressbedingungen eine verstärkte chemische Übertragung des Angstsignals stattfindet (J. H. de Groot, Smeets, & Semin, 2015). Es scheint viele Einflüsse zu geben, die sich auf Körpergerüche auswirken. So können Ernährung, sportliche Betätigung, Infektionen, der weibliche Zyklus, Umweltfaktoren, Hygieneprodukte als auch genetische, hormonelle und psychische Faktoren wie z. B. Stress eine Rolle spielen (Fialová, Roberts, & Havlíček, 2016; Havlicek & Lenochova, 2006; Havlicek & Lenochova, 2008). Auch ethnische Aspekte scheinen Körpergerüche und deren Wahrnehmung zu beeinflussen (Valentina Parma et al., 2019). Somit stellt der Körpergeruch eines Menschen eine individuelle chemische Signatur dar, welche von individuellen und geschlechtsspezifischen Komponenten abhängig ist (Penn et al., 2007; Porter, Balogh, Cernoch, & Franchi, 1986) und dynamisch auf sich verändernde innere und äußere Prozesse reagiert.

1.2.2 Informationen, die von Körpergerüchen übertragen werden

Menschen sind nicht nur dazu in der Lage, ihren eigenen Körpergeruch zu identifizieren (Hold & Schleidt, 1977; Pavlina Lenochova & Havlicek, 2008), sondern sie können auch den Körpergeruch anderer wahrnehmen. So können Körpergerüche zahlreiche Informationen übertragen, wie z. B. Alter (Mitro et al., 2012) oder Geschlecht (zusammengefasst in Gomes, Silva, & Semin, 2020; Penn et al., 2007). Der olfaktorische Sinneseindruck scheint aber auch abhängig von sexueller Orientierung oder der reproduktiven Phase der Frau zu sein (Havlicek, Dvorakova, Bartos, & Flegr, 2006; Martins et al., 2005; Oren & Shamay-Tsoory, 2019). So wird z. B. männlicher Körpergeruch als weniger angenehm, jedoch intensiver wahrgenommen (R. L. Doty, Orndorff, Leyden, & Kligman, 1978; Pavlina Lenochova & Havlicek, 2008). In der fertilen Phase der Frau wird Körpergeruch als weniger intensiv und am attraktivsten eingeschätzt (Havlicek et al., 2006). Auch genetische Verwandtschaft und familiäre Beziehungen können übermittelt werden (Porter et al., 1986; Roberts et al., 2005). So erkennen bereits Neugeborene im Alter von wenigen Wochen den

Körpergeruch ihrer Mutter (Cernoch & Porter, 1985). Dies spricht dafür, dass sich die Wahrnehmung menschlicher Chemosignale schon früh entwickelt, sogar bereits vor der Geburt vorhanden ist (Schaal, Marlier, & Soussignan, 1995). Auch der Gesundheitszustand eines Körpergeruchsspenders konnte durch seinen Schweiß eingeschätzt werden (Olsson et al., 2014). So vermeiden Personen Körpergerüche von erkrankten Menschen (Regenbogen et al., 2017). Auch scheinen Körpergerüche einen wichtigen Einfluss auf die Partnersuche zu haben. Der Körpergeruch eines potenziellen Partners wird z. B. hinsichtlich genetischer Kompatibilität (Wedekind, Seebeck, Bettens, & Paepke, 1995) und reproduktiver Merkmale (Oren & Shamay-Tsoory, 2019) unbewusst beurteilt. In der Studie von Cecchetto, Lancini, Buetti, Rumiati, und Parma (2019) zeigte sich außerdem, dass Körpergerüche unbewusst Entscheidungen in moralischen Dilemmas beeinflussen. Dies deutet darauf hin, dass die Wahrnehmung von Körpergerüchen auf emotionale Prozesse einwirkt. Studien, welche die affektive Komponente von Körpergerüchen untersuchten, konzentrierten sich überwiegend auf negative Emotionen, wie z. B. Angst oder Ekel (J. H. B. de Groot & Smeets, 2017; zusammengefasst in Ferreira, Parma, Alho, Silva, & Soares, 2018). Hierbei wird vor allem der funktionelle Charakter einer Emotion betont (J. H. B. de Groot, Kirk, & Gottfried, 2020), indem der Geruchssinn einen wichtigen Überlebensinstinkt darstellt, welcher den Empfänger auf eine schnelle Reaktion bei Gefahr vorbereiten soll. Einige Studien weisen darauf hin, dass Menschen durch den Körpergeruch eines anderen beim Lösen kognitiver und emotionaler Aufgaben unterstützt werden (Calvi et al., 2020). So beschleunigt negativer Körpergeruch die Wahrnehmung ängstlicher Gesichtsausdrücke (Silva, Gomes, Korb, & Semin, 2020), bewirkt eine höhere Genauigkeit der dynamischen Gesichtserkennung (Rocha, Parma, Lundström, & Soares, 2018) und führt zu einer schnelleren Reaktion in bedrohlichen Situationen (zusammengefasst in Calvi et al., 2020; Gomes & Semin, 2021). Aber es gibt auch Studien, welche sich mit der Kommunikation von positiven Emotionen befassen (Chen & Haviland-Jones, 2000; W. Zhou & Chen, 2009). In der Studie von J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al. (2015) zeigte sich bei der Wahrnehmung von glücklichem Körpergeruch ein fröhlicher Gesichtsausdruck des Geruchsempfängers.

In vielen Studien wurden die Reaktionen auf Körpergerüche durch die Erhebung des subjektiven Erlebens wie Annehmlichkeit und Intensität eines Geruchs analysiert (J. H. de Groot, Semin, & Smeets, 2014b; J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al., 2015; Ferreira et al., 2018). Cecchetto, Rumiati, und Aiello (2017) betrachteten bei der Bewertung von Gerüchen sowohl die hedonische Wertigkeit, bei der die negative Valenz ein unangenehmes und die positive Valenz ein angenehmes sensorisches Erleben darstellt, als auch die Intensität, Erregung und Vertrautheit des Geruchs. Diese Merkmale sind eng miteinander verknüpft (Bensafi et al., 2002; Seubert et al., 2017; Winston, Gottfried, Kilner, & Dolan, 2005; Yeshurun & Sobel, 2010). Aber die Reaktionen auf Körpergerüche sind nicht nur subjektiv, sondern auch objektiv messbar. So bewirkt ängstlicher Körpergeruch eine reduzierte parasympathische Aktivität des Herzens im Sinne einer Stressreaktion (Ferreira et al., 2018; Rocha et al., 2018) und aktiviert Hirnareale, welche eng mit der Emotionsregulation verknüpft sind (Prehn-Kristensen et al., 2009). Auch Mimikveränderungen, welche auf eine bestimmte Emotion wie z. B. Angst hindeuten (Gomes et al., 2020; Kamiloglu, Smeets, de Groot, & Semin, 2018), zeigen sich in der Elektromyografie (EMG) bei der Präsentation von emotionalem Körpergeruch. Jedoch lässt sich vermuten, dass die non-verbale Kommunikation über menschliche Chemosignale überwiegend unbewusst stattfindet. So arbeitete Calvi et al. (2020) in seiner Übersichtsarbeit heraus, dass nur ein geringer Anteil der Teilnehmenden die emotionale Information eines Körpergeruchs richtig zuordnen konnte (Bettina M Pause, Adolph, Prehn-Kristensen, & Ferstl, 2009; W. Zhou & Chen, 2009).

1.3 Autismus-Spektrum-Störungen

1.3.1 *Eigenschaften*

Circa ein Prozent der Bevölkerung sind von einer Autismus-Spektrum-Störung (ASS) betroffen (Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, 2016). Dieser Prozentsatz basiert auf Schätzungen, die auf einer heterogenen Studienlage beruhen, sowie auf einer vermutlich hohen Dunkelziffer. Man geht davon aus, dass Männer häufiger von einer ASS betroffen sind als Frauen, nämlich in einem Verhältnis von 2-3:1 (Deutsche Gesellschaft für Kinder- und

Jugendpsychiatrie, 2016). Auch die Pathogenese der Erkrankung ist zum aktuellen Forschungsstand noch umstritten. Es gibt Hinweise darauf, dass sowohl die Genetik (Frazier et al., 2014) als auch andere Faktoren, wie z. B. Alter und Vorerkrankungen der Eltern oder schwangerschaftsassozierte Risikofaktoren (Maimburg & Vaeth, 2006; Xu, Jing, Bowers, Liu, & Bao, 2014) relevant sein könnten (zusammengefasst in Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, 2016). Diese beeinflussen die Entwicklung neuronaler Strukturen und bedingen die charakteristischen Verhaltensweisen und Symptomkomplexe (Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, 2016). Unter dem Begriff ASS sind nach DSM-5 unterschiedliche Ausprägungen der Erkrankung zusammengefasst, welche vom Asperger-Syndrom (AS), dem frühkindlichen und atypischen Autismus bis zur nicht-näher bezeichneten tiefgreifenden Entwicklungsstörung reichen (Falkai et al., 2015). Erste Symptome der ASS zeigen sich im frühen Kindesalter, oft vor dem dritten Lebensjahr, mit Schwierigkeiten beim Blickkontakt oder der gerichteten Aufmerksamkeit (American Psychiatric Association, 2013). Bei vielen Kindern wird die Diagnose jedoch erst später gestellt, wenn kommunikative oder soziale Leistungen relevanter werden (Barbaro & Dissanayake, 2009). Diagnostische Kriterien umfassen zwei Hauptkriterien, nämlich Defizite der sozialen Kommunikation und Interaktion sowie eingeschränkte repetitive Verhaltensmuster, Interessen und Aktivitäten (American Psychiatric Association, 2013). Diese müssen in der frühen Entwicklungsphase bereits vorhanden, klinisch signifikant und nicht durch andere Beeinträchtigungen erklärbar sein (American Psychiatric Association, 2013). Betroffene zeigen ein breites Spektrum an Symptomen und krankheitsspezifischen Verhaltensweisen, welche sich in verschiedenen Schweregraden manifestieren und relativ stabil bleiben (Schonauer, Klar, Kehrer, & Arolt, 2001). Jedoch können erworbene Anpassungsmechanismen modulierend auf soziale Einschränkungen wirken, was besonders bei den hochfunktionalen Formen beschrieben ist (Schonauer et al., 2001). Unter dem AS versteht man zumeist Personen mit durchschnittlicher bis überdurchschnittlicher Intelligenz und Sprachentwicklung, welche meist Spezialinteressen und ein abweichendes Verhalten in der sozialen Interaktion

und Kommunikation aufweisen (Kipman, 2021). Oft haben Personen mit ASS Probleme, soziale oder emotionale Signale des Gegenübers zu erkennen und in Form nonverbaler Kommunikation widerzuspiegeln (Kipman, 2021). Außerdem berichten Personen mit ASS, durch viele Umweltreize überfordert zu sein, weshalb soziale Situationen oft als belastend empfunden werden. Offen bleibt, ob zu diesen Umweltreizen auch menschliche Chemosignale gehören.

Bei der Diagnosestellung ist zu beachten, dass Personen mit ASS auch unter weiteren psychischen Erkrankungen leiden können. So wiesen in einer Arbeit von Simonoff et al. (2008) 70 % der betroffenen Kinder mindestens eine weitere psychische Komorbidität auf. Im Erwachsenenalter zählen hierzu vor allem Angststörungen (52.7 % Lebenszeitprävalenz), Zwangsstörungen (36 % Lebenszeitprävalenz), Depressionen (13 % Lebenszeitprävalenz), Psychosen (13 % Lebenszeitprävalenz), aber auch weitere psychische Erkrankungen (Buck et al., 2014; Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, 2016). Dies könnte zu einer höheren Mortalität bei Personen mit ASS beitragen (Schonauer et al., 2001).

Durch die individuell variablen Symptome und die weiterhin unklare Pathogenese der Entwicklungsstörung sind allgemeine Therapieansätze schwierig und die ASS stellt die Therapeuten*innen vor große Herausforderungen. Die frühzeitige therapeutische Intervention fördert zwar eine bessere Teilhabe am gesellschaftlichen Leben und eine bessere berufliche Integration, jedoch existieren hierbei keine kurativen Ansätze (Will et al., 2018).

1.3.2 Einfluss der Erkrankung auf die soziale Interaktion

Die soziale menschliche Interaktion basiert auf komplexen Prozessen wie z. B. der Emotionsbildung und dem Verständnis für die Stimmung des Gegenübers. Bei Personen mit ASS ist die soziale Interaktion auf mehreren Ebenen beeinträchtigt. So wurden in der Literatur Schwierigkeiten der non-verbale Kommunikation z. B. durch fehlenden Blickkontakt (Klin, Jones, Schultz, Volkmar, & Cohen, 2002), aber auch eine eingeschränkte Fähigkeit zum Perspektivwechsel (Jones, Happé, Gilbert, Burnett, & Viding, 2010) beschrieben. Studien weisen darauf hin, dass Personen mit ASS eine verringerte soziale

Orientierung aufweisen (Hedger, Dubey, & Chakrabarti, 2020), worunter man die Bereitschaft zur Suche und Verarbeitung sozialer Stimuli versteht. Dieses soziale Motivationsdefizit wird mit der sozialen Motivationstheorie begründet (Chevallier, Kohls, Troiani, Brodtkin, & Schultz, 2012; Hedger et al., 2020), nach der die sozialen Schwierigkeiten aus einem reduzierten Antrieb für soziale Interaktion und sozialer Belohnung resultieren. Jedoch ist dies nicht als fehlender Wunsch nach sozialer Interaktion im Allgemeinen zu verstehen, sondern wird vor allem durch mangelnde soziale Fähigkeiten verursacht (Stokes, Newton, & Kaur, 2007). Von Betroffenen kann die dysfunktionale soziale Interaktion als Verlust (Schonauer et al., 2001) oder als permanenter Druck zur sozialen Anpassung empfunden werden (Howlin, 2000). In den Untersuchungen von Bauminger, Shulman, und Agam (2003) wurde beobachtet, dass Kinder mit ASS weniger in soziale Interaktionen involviert sind und eine höhere Einsamkeit erleben als Gleichaltrige. Diese Defizite in der sozialen Interaktion scheinen hierbei stabil über die Lebensspanne zu sein, obwohl sich andere Charakteristika verändern (Billstedt, Carina Gillberg, & Gillberg, 2007; Howlin, Goode, Hutton, & Rutter, 2004).

1.3.3 Körpergerüche – Ein Erklärungsansatz für die Einschränkungen bei Autismus-Spektrum-Störungen?

Menschliche soziale Interaktion beruht auf der Integration mehrerer Sinneseindrücke, wie z. B. der Integration visueller durch Mimik und Gestik, auditorischer und olfaktorischer Information. Bei Personen mit ASS besteht der Verdacht, dass Atypien in verschiedenen sensorischen Bereichen, so auch des Geruchs- und Geschmacksinns, bestehen (Ben-Sasson et al., 2009). In einer Studie von Leekam, Nieto, Libby, Wing, und Gould (2007) wiesen 90 % der Kinder mit ASS sensorische Abnormalitäten in verschiedenen sensorischen Bereichen auf. Die Studienlage bezüglich der Sensorik, insbesondere der Olfaktorik, bei Personen mit ASS ist jedoch sehr heterogen. Es gibt Studien, die auf eine reduzierte Riechleistung hinweisen, indem sich die Geruchsidentifikation signifikant schlechter bei Personen mit ASS zeigte (Bennetto, Kuschner, & Hyman, 2007). Im Gegensatz dazu sprechen die Studienergebnisse von Ashwin et al. (2014) eher für eine olfaktorische Hypersensitivität, bei der die ASS-Gruppe

einen Alkoholgeruch in größerem Abstand als die Kontrollgruppe erkennen konnte. Zu berücksichtigen ist, dass die meisten Studien mit den gängigen Testverfahren das Geruchsverhalten von Kindern untersuchen und eine kleine Stichprobengröße aufweisen. Eine klare Schlussfolgerung ist deshalb kaum möglich und die Frage, ob Personen mit ASS ein atypisches Geruchsvermögen aufweisen und Geruchseindrücke anders wahrnehmen, bleibt weiterhin offen.

Da vermutet wird, dass Körpergerüche zur Emotionsübertragung zwischen Menschen beitragen (J. H. de Groot et al., 2012), stellt sich die Frage, ob die veränderte Wahrnehmung menschlicher Chemosignale eine Rolle bei der Entstehung sozialer Einschränkungen bei ASS spielt. In der Arbeit von Endevelt-Shapira et al. (2018) zeigten erwachsene Personen mit ASS im Vergleich zur neurotypischen Kontrollgruppe gegensätzliche physiologische Reaktionen auf ängstliche Körpergerüche. Es ist somit denkbar, dass Defizite der nonverbalen Kommunikation bei Personen mit ASS auf eine veränderte Wahrnehmung oder Verarbeitung menschlicher Chemosignale zurückzuführen sind. Die dysfunktionale Olfaktorik im Sinne eines Verlustes sozialer chemischer Information könnte zu einer Divergenz der verschiedenen Sinneseindrücke und letztlich zu den Problemen der sozialen Interaktion bei ASS beitragen.

1.4 Fragestellung und Untersuchungsziele

Wie in der Übersichtsarbeit von Calvi et al. (2020) dargestellt, wurden bereits einige Studien zu Körpergerüchen und deren Einfluss auf den menschlichen Organismus durchgeführt. Hierbei wurden vor allem negative männliche Körpergerüche einem neurotypischen und überwiegend weiblichen Kollektiv präsentiert. Da viele Studien nur einzelne Aspekte untersuchen und eine sehr heterogene Methodik aufweisen, ist die Vergleichbarkeit und Übertragbarkeit auf die Allgemeinheit eingeschränkt. In dieser Arbeit werden sowohl negative, positive als auch neutrale Körpergerüche mittels Emotionsinduktion über Videosequenzen gesammelt und gemeinsam mit nicht-sozialen Gerüchen (NsG) präsentiert. Außerdem werden die Reaktionen und Proben jeweils beider Geschlechter untersucht. Die Gerüche werden sowohl einer neurodiversen Gruppe mit ASS als auch einer neurotypischen Gruppe präsentiert. Als

neurodivers werden in der vorliegenden Arbeit neurokognitive Funktionen außerhalb gesellschaftlicher Normen z. B. im Rahmen einer ASS bezeichnet, die Definition ist jedoch in der Literatur nicht einheitlich (zusammengefasst in Thomas, 2024). Bisher wurden wenige Experimente durchgeführt, welche die Reaktionen auf menschliche Chemosignale von Personen mit psychischen Erkrankungen untersuchen (Endevelt-Shapira et al., 2018; V. Parma, Bulgheroni, Tirindelli, & Castiello, 2013, 2014). Zum Zeitpunkt der Recherche existierte nur eine Studie, welche die Auswirkungen von negativem und neutralem Körpergeruch auf Personen mit ASS im Erwachsenenalter ausgewertet hat (Endevelt-Shapira et al., 2018). Die Erkenntnisse von Endevelt-Shapira et al. (2018) könnten durch die Untersuchungen noch ergänzt werden, indem in der vorliegenden Arbeit die Reaktionen sowohl auf positive, negative als auch auf neutrale Körpergerüche und NsG analysiert werden. Bisher ist noch unklar, ob Personen mit ASS Defizite in der Sensorik aufweisen und ob dies das gesamte olfaktorische System oder nur Teilsysteme, z. B. menschliche Chemosignale, betrifft. Diese Arbeit könnte einen wichtigen Beitrag zur Diskussion über sensorische Atypien im Bereich der Olfaktorik bei ASS leisten und neue Anregungen für weiterführende Untersuchungen liefern.

Fragestellungen, welche im Rahmen der Studie beantwortet werden sollen:

1. War die Emotionsinduktion durch die Filmausschnitte erfolgreich und kann hier eine stärkere Schweißsekretion bei Männern bestätigt werden, wie in der Literatur zuvor beschrieben (Sergeant, 2010)?
2. Welche Unterschiede in der subjektiven Bewertung (Intensität, Erregung, Vertrautheit und Annehmlichkeit) gibt es zwischen Körpergerüchen und nicht-sozialen Gerüchen? Unterscheiden sich die freudigen, ängstlichen und neutralen Körpergerüche bezüglich ihrer Intensität, Erregung, Vertrautheit und Annehmlichkeit voneinander? Welche Unterschiede gibt es in der subjektiven Bewertung zwischen Personen mit ASS und der neurotypischen Kontrollgruppe? Bei den Untersuchungen von Endevelt-Shapira et al. (2018) wurde der Angstschweiß als weniger angenehm und intensiver bewertet. Basierend auf den Ergebnissen dieser Arbeit ist jedoch kein Unterschied zwischen neurotypischen Personen und

Personen mit ASS in der Bewertung der Körpergerüche zu erwarten (Endevelt-Shapira et al., 2018). Auch bei den NsG ist, basierend auf den Voruntersuchungen, von keinem Unterschied der Annehmlichkeit, Intensität und Vertrautheit zwischen der Kontrollgruppe und Personen mit ASS auszugehen (Boudjarane, Grandgeorge, Marianowski, Misery, & Lemonnier, 2017).

3. Ist eine bewusste Identifikation eines Körpergeruchs hinsichtlich der emotionalen Qualität (freudig, ängstlich, neutral) möglich? Gibt es hierbei Unterschiede zwischen der ASS- und der Kontrollgruppe (KG)? In den bisherigen Untersuchungen konnten Körpergerüche nicht über der Zufallswahrscheinlichkeit richtig zugeordnet werden (J. H. de Groot et al., 2014b), weshalb dies auch in dieser Studie im Sinne einer unbewussten Verarbeitung der Körpergerüche zu erwarten ist. Da bisherige Ergebnisse keine Unterschiede bei der Wahrnehmung und Erkennung von sozialen Chemosignalen zwischen Personen mit ASS und der neurotypischen Gruppe ergaben (Endevelt-Shapira et al., 2018), ist auch hier von keinen Gruppenunterschieden auszugehen.

2 Versuchspersonen, Material und Methoden

2.1 Ethikvotum

Für die Studie „Auswirkungen von emotionalem Geruch bei Schizophrenie und Autismus“ (Projektnummer: 956/2018BO2) liegt ein positives Ethikvotum vor, welches am 08.05.2019 von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Eberhard Karls Universität Tübingen basierend auf der revidierten Deklaration von Helsinki des Weltärztebundes 2013 erteilt wurde. Die Studie wurde in Kooperation mit der Universität Aveiro in Portugal durchgeführt. Die Testpersonen wurden mündlich und in Schriftform über den Ablauf der Studie informiert, mussten eine schriftliche Einverständniserklärung abgeben und erhielten eine Aufwandsentschädigung von zehn Euro pro Stunde. Die Teilnahme an der Studie erfolgte freiwillig und konnte jederzeit ohne Begründung beendet werden.

2.2 Allgemeiner Studienaufbau

Der Aufbau der Studie gliederte sich in zwei Teile (siehe Abbildung 2). Zunächst erfolgte die Probengewinnung der axillaren Schweißproben von gesunden Körpergeruchsspendern mittels positiver, negativer und neutraler Emotionsinduktion über Videosequenzen. Dann wurden die gesammelten Körpergerüche und positive, negative und neutrale NsG im zweiten Teil der Studie einer Kontroll- und ASS-Gruppe präsentiert. Hierbei wurden die subjektiven Bewertungen der Gerüche und die physiologischen Parameter erfasst. Außerdem folgte eine Aufgabe zur bewussten Identifikation der Körpergerüche nach der Aufklärung über das Studienziel. Die Studie wurde als Einfachblindstudie durchgeführt und das Ziel des Experiments wurde den Teilnehmenden erst am Ende des Versuchs offengelegt.

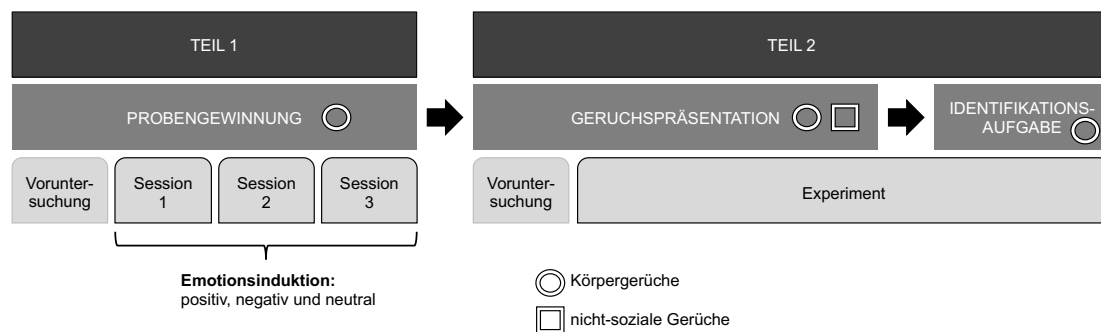


Abbildung 2 Allgemeiner Studienaufbau

Anmerkung. Das Experiment umfasst die subjektive Bewertung der Gerüche (Geruchspräsentation) und die Identifikation der Körpergerüche und der Leerproben (Identifikationsaufgabe).

2.3 Probengewinnung

2.3.1 Versuchspersonen

Die Rekrutierung der Versuchspersonen erfolgte über den E-Mail-Verteiler der Eberhard Karls Universität Tübingen. Hierbei konnten 26 gesunde Teilnehmende (davon 12 Frauen, 46 %), überwiegend Studierende und Beschäftigte der Universität Tübingen, für die Studie gewonnen werden. Zwei Teilnehmende mussten wegen Erkrankungen bzw. Allergien und weitere zwei aufgrund eines auffälligen Screenings auf psychische Erkrankungen ausgeschlossen werden. Außerdem brachen zwei Probandinnen die Studie ab. Somit wurden 20 Teilnehmende (davon zehn Frauen, 50 %) im Alter zwischen 18 und 31 Jahren ($M = 23.40$, $SD = 3.49$ Jahre) für die Spende von Körpergerüchen ausgewählt.

Die Voraussetzungen für die Teilnahme waren:

- Männer und Frauen im Alter von 18 bis 35 Jahren
- gute Deutschkenntnisse
- kaukasisch
- Fähigkeit zum Verständnis der Versuchsanweisungen (geschätzter Intelligenzquotient > 70)
- Rechtshänder*in
- Nichtraucher*in

- keine akuten oder chronischen Erkrankungen (z. B. psychisch, neurologisch)
- keine regelmäßige Medikamenteneinnahme oder anderer Substanzgebrauch
- weibliche Teilnehmerinnen: Einnahme oraler Kontrazeptiva, keine bestehende Schwangerschaft, kein Stillen zum Studienzeitpunkt

Aufgrund der zu erwartenden Beeinflussung der Reaktionen auf Körpergerüche durch die sexuelle Orientierung oder durch ethnische Einflüsse (Martins et al., 2005; Valentina Parma et al., 2019) konnten nur heterosexuelle, kaukasische Personen in die Studie eingeschlossen werden. Heterosexuelle Frauen empfinden beispielsweise die Körpergerüche von heterosexuellen Männern als angenehmer (Martins et al., 2005). Außerdem gibt es Hinweise, dass Körpergeruch einer Person des gleichen kulturellen Umfelds als angenehmer empfunden wird (Valentina Parma et al., 2019).

2.3.2 Voruntersuchung

Die erste Phase der Studie, die Probengewinnung, bestand aus jeweils vier Teilen: das initiale Interview und das Sammeln der Schweißproben während der drei separaten Filmkonditionen. Die Voruntersuchungen fanden zwischen April und Juli 2019 statt. Zu Beginn des initialen Interviews wurde der Ablauf der Studie erklärt und die Informationen in Papierform ausgehändigt. Es wurde explizit darauf hingewiesen, dass das Studienziel erst am Ende der Experimente bekannt gegeben wird. Nach der genauen Aufklärung über das Verhalten vor dem Experiment und die Handhabung des Hygiene- und Diättagebuchs, wurden die zugehörigen Dokumente ausgehändigt und eine schriftliche Einverständniserklärung gegeben. Zwei Tage vor dem Experiment sollte auf den Verzehr stark riechender Lebensmittel (z. B. Spargel, starke Gewürze) sowie auf übermäßige Bewegung, Rauchen, Koffein und Alkohol verzichtet werden. Außerdem sollten die Teilnehmenden Orte mit starken Gerüchen meiden und von belastenden emotionalen Ereignissen berichten, falls diese stattgefunden haben. Des Weiteren sollte auf eine Rasur verzichtet werden und keine parfümierten Körperpflegeprodukte verwendet werden. Den Testpersonen wurden

geruchsfreie Hygieneprodukte (Haarspülung: Urtekram, Dänemark; Shampoo und Duschgel: Balea, Deutschland) und Papiertücher (Valaclean, Hartmann, Deutschland) zum Trocknen der Achseln ausgehändigt. Die Versuchsleitung sollte über eine mögliche Änderung des Gesundheitszustandes oder eine Medikamenteneinnahme im Vorfeld informiert werden. Am Tag des Experiments sollte mit den geruchsfreien Produkten geduscht werden. Die Testpersonen wurden dazu angehalten, keine Gesichtscreme oder Make-up aufzutragen und drei Stunden vor dem Experiment auf Koffein und Alkohol zu verzichten. Zur Einhaltung und Überprüfung der Verhaltens- und Hygieneanweisungen diene ein Tagebuch. Außerdem wurden Informationen zum Menstruationszyklus und zur oralen Kontrazeption bei den weiblichen Teilnehmerinnen erhoben. In Form eines passwortgeschützten Online-Fragebogens über die Webapplikation SoSci Survey (Leiner, 2016) wurden sowohl soziodemografische Daten als auch Angaben zur Händigkeit und sexueller Orientierung erhoben. Außerdem wurden erneut die Einschlusskriterien und das Befolgen des Verhaltensprotokolls überprüft. Sowohl der Edinburgh Händigkeitsfragebogen (EHQ; Oldfield, 1971) als auch die Toronto-Alexithymie-Skala-20 (TAS-20; Bach, Bach, de Zwaan, Serim, & Bohmer, 1996) wurden in die Onlinefragebögen integriert. Der EHQ wurde zur besseren Interpretierbarkeit der EMG-Daten inkludiert (Dimberg & Petterson, 2000). Zum Ausschluss des Vorliegens einer psychischen Erkrankung wurde das semistrukturierte klinische Screening-Interview für DSM-IV (SKID; Demal, 1999; Wittchen, Wunderlich, Gruschwitz, & Zaudig, 1997) in einem persönlichen Gespräch durch die geschulte Versuchsleitung durchgeführt. Am Ende des initialen Interviews wurden die drei Folgetermine festgelegt, welche in einwöchigem Abstand und zur gleichen Tageszeit vereinbart wurden.

2.3.3 Versuchsaufbau

Die Teilnehmenden saßen an einem Tisch mit Blick auf den Computerbildschirm (siehe Abbildung 3), auf dem die Fragen und die Filme eingespielt wurden. Die Versuchsleitung befand sich am Nebentisch mit einem weiteren Computer zur Aufzeichnung der EMG und der Pulsfrequenz.



Abbildung 3 Versuchsaufbau der Probengewinnung durch Emotionsinduktion mittels Filmclips

2.3.4 Experimenteller Ablauf

Die Experimente zur Sammlung der Körpergerüche wurden von April bis August 2019 in den Versuchsräumen der Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie (Calwer Straße 14, 72076 Tübingen) durchgeführt. Ziel war es, die Körpergerüche unter drei verschiedenen emotionalen Zuständen zu sammeln: freudig, ängstlich und neutral. Die Gewinnung der Proben erfolgte in drei Sitzungen von jeweils eineinhalb Stunden Dauer. Vor und nach den Filmvorführungen wurden Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit (Digitalthermometer und Hygrometer, Pearl, Deutschland) im Versuchsraum dokumentiert und während des Versuchs mehrmals die Geruchsneutralität der Raumluft überprüft. Die Versuchsleiterinnen wurden angewiesen, kein Parfüm oder andere duftende Kosmetika zu verwenden. Zu Beginn jeder Sitzung wurde das Einhalten des Protokolls kontrolliert und erfragt, ob eine akute Erkrankung vorlag, eine Medikamenteneinnahme erfolgt war, Genussmittel konsumiert worden waren oder ein emotionales Ereignis vorgelegen hatte. Außerdem wurde bei den weiblichen Teilnehmerinnen der erste Tag der letzten Menstruation notiert. Die Teilnehmenden mussten im Anschluss das State-Trait-Anxiety Inventory (STAI; deutsche Version: Laux, Glanzmann, Schaffner, & Spielberger, 1981; Originalversion: Spielberger, 1970; Spielberger, Gorsuch, Lushene, Vagg, & Jacobs, 1983) mittels Onlinefragebogen über die Webapplikation SoSci Survey

absolvieren. Die Testpersonen durften nur die Baumwollshirts, welche mit duftstofffreiem Waschmittel (Bravil, Chemolux, Deutschland) gewaschen und in geruchlosen Plastikbeuteln aufbewahrt wurden, während der Versuche tragen. Im Anschluss wurden die Messgeräte zur Erhebung der physiologischen Aktivität (EMG, 3-Kanal-Elektrokardiogramm, Pulsoxymetrie am Finger) des SOMNOscreen™ plus 6120 mit headbox SENO43 (DOMINO Software ver. 3.0.0.1, SOMNOmedics, Deutschland) angebracht. Die sechs Elektroden des EMGs wurden an der linken Gesichtshälfte der Testpersonen mit Kontaktgel (Ten20 Elektrodenpaste, Weaver, USA) befestigt, um die Muskelaktivität des Musculus frontalis medialis und Musculus zygomaticus major abzuleiten. Dann wurden die Achseln der Teilnehmenden mit sterilem Wasser gereinigt und mit Papiertüchern getrocknet. Im Anschluss wurden jeweils zwei Kompressen vorsichtig in beide Achseln platziert (siehe Abbildung 4) und mit medizinischem Klebeband (Durapore, 3M, Deutschland) fixiert. Die obere Komresse diente hierbei als Fixierungshilfe, die untere zur Aufnahme der Schweißproben. Es wurde explizit darauf geachtet, dass das T-Shirt hierbei keine Feuchtigkeit aufnahm und dass die Teilnehmenden den axillaren Bereich nicht mit den Fingern berühren. Begonnen wurde immer mit der linken Axilla. Die sterilen Kompressen (Vliwasoft 10x10cm, 4-lagig, Lohmann und Rauscher, Deutschland) wurden nur mit sterilen Handschuhen (Peha-soft, Hartmann, Deutschland) oder einer desinfizierten (Decosept, Borer Chemie AG, Schweiz) Plastikpinzette berührt. Dann wurde die Versuchsperson über den Ablauf der Filmvorführung informiert und die Kopfhörer (MDR-XD150 Over-ear Kopfhörer, Sony, Japan) aufgesetzt. Zunächst wurde den Teilnehmenden ein vierminütiges Baseline-Video gezeigt, welches für gleiche emotionale Ausgangsbedingungen sorgen sollte. Es wurden mehrere Fragen zur Stimmungslage der Teilnehmenden in Form einer visuellen Analogskala (VAS) von 0 (gar nicht) bis 100 (extrem) vor und nach dem Abspielen des Baseline-Videos gestellt. Im Anschluss wurden Filmausschnitte mit einer Gesamtdauer von ca. 30 Minuten gezeigt, welche einen emotionalen Zustand induzieren sollten. Nach den Filmausschnitten, welche entweder Komödien, neutrale Dokumentationen oder Horrorfilme zeigten, wurden erneut Fragen zur Stimmungslage gestellt. Die Zeitpunkte der

Filmausschnitte wurden tabellarisch festgehalten. Gegen Ende des Experiments wurden die Kompressen mit den sterilen Handschuhen entfernt. Die Kompressen wurden, um die Schweißproduktion zu messen, vor der Platzierung unter den Achseln und nach der Emotionsinduktion mit einer digitalen Präzisionswaage (0.01 g Genauigkeit, digital, Ascher, China) gewogen. Die Komresse mit der Schweißprobe wurde sofort nach Beendigung des Experiments mit einer desinfizierten Schere in vier Teile geschnitten, in einem Plastikgefäß mit der Kontaktfläche nach oben platziert und bei -21 °C eingefroren. Die Plastikgefäße waren für die Teilnehmenden während des Experiments nicht sichtbar. Nach Entfernung der Elektroden und der Rückgabe des T-Shirts wurden noch zwei weitere Fragen zu den Filmausschnitten gestellt: „Haben Sie jemals einen der Filmausschnitte gesehen? Wenn ja, welchen und wie häufig sehen Sie sich solche Filme an?“. Am Ende jedes Experiments wurde ein neues Diättagebuch, frische Hygieneprodukte und Papiertücher in sauberen Plastikbeuteln ausgehändigt. In der letzten experimentellen Sitzung erfolgte die Aufklärung über das Studienziel und es wurden Fragen zur persönlichen Präferenz der Filme gestellt. Außerdem wurde notiert, ob den Teilnehmenden bewusst war, dass Körpergerüche während der Emotionsinduktion gesammelt wurden.



Abbildung 4 Fixierung und axillare Lage der Kompressen

2.3.5 Emotionsinduktion

Die Emotionsinduktion zur Probengewinnung von menschlichen Chemosignalen sollte visuell durch das Ansehen von Komödien, Horrorfilmen und neutralen Dokumentarfilmen auf einem Computerbildschirm (Bildschirm: LG 24MB37PM-B, Auflösung: 1920x1080, 60Hz digital, LG, Deutschland; Computer: HP ProDesk 600, HP, Deutschland und Dell optiplex 7040, Dell, USA) erfolgen. Für die Gestaltung des gesamten Experiments wurde die Software OpenSesame (Mathôt, Schreij, & Theeuwes, 2012; Version 3.6.2) genutzt. Die Filmausschnitte einer Kategorie wurden jeweils in ansteigender Intensität angeordnet. Die Komödien sollten bei den Teilnehmenden einen freudigen emotionalen Zustand induzieren. Dazu dienten acht Filmausschnitte (Dauer 00:28:50) aus den Filmen *Kevin-Allein in New York*, *Mr. Bean macht Ferien*, *Was Frauen wollen*, *Das Bankentrio*, *Sister Act* und *Madagascar 1*. Einen ängstlichen Zustand sollten die 12 Horror-filmausschnitte (Dauer 00:33:50) aus *The Nun*, *Mamma*, *Sinister*, *The Descent*, *The Grudge*, *REC 1* und *Insidious* bewirken. Zu einem neutralen emotionalen Zustand sollten die 12 Ausschnitte der Dokumentarfilme über Natur, Tierwelt und Weltall führen (Dauer 00:34:24): *Easter Island Eclipse*, *The Secret Life of Birds: Dawn Chorus*, *Transit of Venus - BBC documentary*, *Equator: Battle for the light*, *Do we really need the moon*, *Beyond the Cosmos: Space odyssey*, *The Secret Life of Birds: Designed for Welsh Life*, *Portugal Terra: Nature in Portugal*, *Wolly mammoth: The most famous of Ice Age animals*. Ein initiales Video vor dem emotionsinduzierenden Film bestand aus drei Ausschnitten des Dokumentarfilms *Deutschland von Oben* (Dauer 00:04:00) in randomisierter Reihenfolge. Vor dem Baseline-Video und nach den Filmausschnitten wurde der emotionale Zustand mittels VAS von 0 (überhaupt nicht) bis 100 (extrem) erhoben, wie gestresst, glücklich, nervös und ängstlich sich die Teilnehmenden zum Zeitpunkt fühlen. Zusätzlich wurde nach dem Baseline-Video und am Ende des dreißigminütigen Filmclips gefragt, wie angenehm, aufwühlend und intensiv die Teilnehmenden die Filmausschnitte empfanden und wie glücklich, nervös und ängstlich sie sich fühlten. Die Reihenfolge der Fragen variierte sowohl innerhalb der Blöcke mit Horror-, Komödien- und Dokumentarfilmen als auch zwischen den Versuchspersonen.

2.4 Geruchspräsentation

2.4.1 Versuchspersonen

2.4.1.1 Kontrollgruppe

Die Rekrutierung erfolgte ab August 2019 auf die gleiche Weise wie für den ersten Teil der Studie. So konnten 62 Teilnehmende (davon 33 Frauen, 53 %) für die Kontrollgruppe (KG) gewonnen werden. Insgesamt mussten 22 Teilnehmende (davon 11 Frauen, 50 %) ausgeschlossen werden. Davon wurden sechs Personen aufgrund eines auffälligen Screenings auf psychische Erkrankungen, zwei aufgrund einer anderen sexuellen Orientierung, zwei Personen aufgrund der Menopause und weitere zwei Personen aufgrund von häufigem Cannabiskonsum ausgeschlossen. Eine Probandin musste wegen nicht europäischer Abstammung exkludiert werden. Ein weiterer Proband musste aufgrund aggressiven Verhaltens und ein weiterer aufgrund eines vermuteten Intelligenzquotienten kleiner 60 ausgeschlossen werden. Zwei Männer und eine Frau mussten aufgrund des Verdachts einer Hyposmie ausgeschlossen werden. Außerdem mussten drei männliche Probanden aufgrund chronischer Erkrankungen (Asthma bronchiale, Morbus Crohn) und ein Proband aufgrund zu hoher Werte im Screening auf depressive Symptome ausgeschlossen werden. In die Studie wurden abzüglich aller Ausschlüsse 40 Kontrollpersonen (davon 22 Frauen, 55 %) im Alter von 19 bis 56 Jahren ($M = 26.70$, $SD = 8.66$) eingeschlossen.

2.4.1.2 Versuchspersonen mit Autismus-Spektrum-Störung

Über E-Mail wurden die Teilnehmenden der ASS-Gruppe von Herrn Prof. Dr. Wildgruber über eine mögliche Studienteilnahme informiert. Bei Interesse erfolgte eine Kontaktaufnahme über E-Mail. Zwölf Personen mit ASS (davon drei Frauen, 25 %) nahmen an der Studie teil. Eine Probandin wurde wegen anderer sexueller Orientierung ausgeschlossen. Es konnten 11 Personen (davon zwei Frauen, 18 %) in die Studie eingeschlossen werden. Die Testpersonen waren im Alter von 28 bis 59 Jahren ($M = 39.73$, $SD = 10.55$). Voraussetzung war, dass die Versuchsteilnehmenden eine diagnostizierte ASS aufweisen mussten. Im Gegensatz zur KG wurden die Teilnehmenden der ASS-Gruppe bei einem Sniffin'

Sticks-Testwert unter 30 und bei nicht-heterosexueller Orientierung trotzdem in die Studie inkludiert.

Im Mann-Whitney-U-Test zeigte sich bei gleicher Verteilung der Gruppen (Kolmogorov-Smirnov $p > .05$) ein signifikanter Altersunterschied der Teilnehmenden zwischen den Gruppen, $U = 50.000$, $Z = -3.899$, $p < .001$, $r = -.546$, mit einem höheren Durchschnittsalter in der ASS-Gruppe.

2.4.1.3 Allgemeine Einschlusskriterien

Einschlusskriterien für die Studie waren:

- Männer und Frauen im Alter von 18 bis 59 Jahren
- gute Deutschkenntnisse
- kaukasisch
- Fähigkeit zum Verständnis der Versuchsanweisungen (geschätzter Intelligenzquotient > 70)
- Rechtshänder*in
- heterosexuell (KG)
- keine psychischen oder neurologischen Erkrankungen (KG)
- keine olfaktorischen, metabolischen Erkrankungen oder Erkrankungen, welche das Herz-Kreislaufsystem stark beeinflussen (z. B. Diabetes)
- kein Schädel-Hirn-Trauma mit Bewusstseinsverlust in der Vorgeschichte
- keine Beeinträchtigung des Geruchssinns zum Zeitpunkt der Testung (z. B. akute oder chronische Sinusitis)
- keine regelmäßige Medikamenteneinnahme von Antihistaminika, antiinflammatorisch wirksamer Medikation oder anderer Substanzgebrauch (im letzten Monat, Abhängigkeit in den letzten sechs Monaten)
- keine akute medizinische Erkrankung zum Versuchszeitpunkt z. B. ein grippaler Infekt
- weibliche Teilnehmerinnen: keine bestehende Schwangerschaft, kein Stillen zum Studienzeitpunkt

Personen, die bereits im ersten Teil der Studie teilnahmen, wurden ausgeschlossen.

2.4.2 Geruchsproben

2.4.2.1 Körpergerüche

Als menschliche Chemosignale sollten axillare Schweißproben dienen, welche von sterilen Kompressen (10 x 10 cm, 70 % Viskose, 30 % Polyester, 4-lagig, Vliwasoft, Lohmann & Rauscher, Deutschland) aufgefangen wurden. Zur Aufbewahrung der Kompressen dienten Plastikbehälter (Rotilabo, Carl Roth, Deutschland) mit doppeltem Verschluss. Diese wurden vom chemischen Institut in Portugal (Aveiro) empfohlen und nach bestimmten Vorschriften gereinigt, um die Gefäße geruchsneutral zu halten. Während des umfangreichen Reinigungsvorgangs und während des Experiments wurden die Gefäße nur mit Nitrilhandschuhen (Peha-soft, Hartmann, Deutschland) berührt. Die Reinigung und Aufbewahrung der Gefäße erfolgten in geruchsneutraler Umgebung. Nach Befüllung der Plastikbehälter mit den Kompressen wurden diese in den Laborräumen der Universitätsklinik Tübingen (Calwerstraße 14, 72076 Tübingen) in einem Gefrierschrank bei -21 °C eingefroren. Eine Stunde vor der Geruchspräsentation wurden die Körpergerüche aufgetaut. Insgesamt wurden sechs Glasgefäße (Öffnungsdurchmesser: 40 mm, Höhe: 57 mm, FloraCura, Deutschland), mit Körpergerüchen von insgesamt acht Spendern (vier Frauen und vier Männer) bereitgestellt. In einem Gefäß, welches zuvor mit Alkohol und zehnmahliger Spülung mit Wasser gereinigt und getrocknet wurde, befand sich jeweils eine Körpergeruchswalenz (neutral, ängstlich oder freudig). Jeweils ein Kompressenviertel von jedem der vier Spender*innen, davon zwei aus der rechten und zwei aus der linken Achsel, wurde in einem Glasgefäß platziert. Zur Entnahme eines Kompressenviertels aus dem eingefrorenen Plastikgefäß wurde eine mit Ethanol desinfizierte Pinzette verwendet. Die Plastikgefäße wurden einzeln und für möglichst kurze Zeit aus dem Kühlschranks entnommen, um ein Auftauen der restlichen Kompressenviertel zu verhindern. Die vorbereiteten sechs Gefäße mit Körpergerüchen wurden jeweils für einen Messtag verwendet und dann verworfen. Die Auswahl der vier weiblichen und vier männlichen Körpergeruchsspender erfolgte randomisiert.

2.4.2.2 Nicht-soziale Gerüche

Wie die Körpergerüche wurden auch die nicht-sozialen Gerüche in den gleichen Glasgefäßen präsentiert. Dazu wurden vier Kompressenviertel mit 150 µl Geruchsflüssigkeit beträufelt, sodass äußerlich kein Unterschied zwischen den Gefäßen ersichtlich war. Die Glasgefäße wurden vor jedem Versuchstag neu bestückt. Als negativer nicht-sozialer Geruch wurde Fäkaliengeruch (Skatol, 0.04 % w/v in Propylenglykol, Sigma-Aldrich, USA), als positiver Geruch Rosenduft (Phenylethylalkohol, 28.16 % v/v in Propylenglykol, Sigma-Aldrich, USA) und als neutraler Geruch Grasduft (cis-3-Hexen-1-ol, 3.61 % v/v in Propylenglykol, Sigma-Aldrich, USA) verwendet. Die richtige Konzentration wurde mit Hilfe einer Pilotstudie ($n = 5$) mittels VAS von 0 (gar nicht) bis 100 (extrem) zu Intensität, Annehmlichkeit und Bekanntheit der Gerüche bestimmt. Hierbei wurden sowohl die nicht-sozialen Gerüche in verschiedenen Konzentrationen als auch ein ängstlicher Körpergeruch und eine Leerprobe präsentiert. Bezüglich der NsG wurden gezielt Gerüche ausgewählt, welche nicht nahrungsmittelassoziiert waren. Der Grund hierfür war, dass Personen mit ASS ein selektives Essverhalten in der Kindheit aufweisen können, welches mit einer veränderten Geruchsbewertung durch Aversion einhergeht (Hubbard, Anderson, Curtin, Must, & Bandini, 2014; Luisier et al., 2015).

2.4.3 Voruntersuchung

Nach der Aushändigung der Dokumente und der Aufklärung über den Ablauf der Studie, sollte eine Einverständniserklärung ausgefüllt werden. Hierbei wurden die Teilnehmenden jedoch nicht über die Art der Gerüche aufgeklärt. Dann wurden Informationen in Form einer Checkliste erhoben, welche sowohl die Ausschlusskriterien wie z. B. Allergien, Beeinträchtigungen des Geruchssinns, eingeschränkte nasale Atmung, Operationen im Gesichtsbereich als auch den Raucherstatus und das Rauchverhalten, aktuelle Medikation oder eine akute Erkrankung umfassten. Bei den weiblichen Probandinnen wurden zusätzlich Daten zur Menstruation und Kontrazeption erhoben. Außerdem wurden soziodemografische Informationen erhoben. Personen mit ASS mussten zusätzlich die Diagnostische Beobachtungsskala für Autistische Störungen - 2 (ADOS-2; Lord et al., 2012; deutsche Version: Poustka et al., 2015) in Form eines

Interviews durch geschulte Psychologinnen und Psychiaterinnen absolvieren, falls die Angaben nicht bereits in den Vorbefunden verzeichnet waren. Im Folgenden füllten die Testpersonen über die Web-Applikation SoSci Survey einen Onlinefragebogen aus, welcher den soziodemografischen Fragebogen, den EHQ (Oldfield, 1971), die TAS-20 (Bach et al., 1996) und die revidierte Version des Beck-Depressions-Inventars (BDI-II; Beck, Steer, & Brown, 1996; Hautzinger, Keller, & Kühner, 2006) enthielt. Es folgte das SKID (Demal, 1999; Wittchen et al., 1997) durch geschultes Personal. Im Anschluss wurde das Geruchsvermögen mittels Sniffin' Sticks Extended Test (Burghart Messtechnik, Deutschland) überprüft. Die Voruntersuchung dauerte ca. eineinhalb Stunden bzw. eine Stunde zusätzlich bei der Erhebung des ADOS-2. Am Ende des Eingangsinterviews wurden die Teilnehmenden darauf hingewiesen, die Diät und die Hygienemaßnahmen streng einzuhalten. Außerdem sollten die Teilnehmenden die Versuchsleitung informieren, falls ein emotionales Event in zeitlicher Assoziation stattgefunden hat. In diesen Fällen wurde das Experiment verschoben.

2.4.4 Versuchsaufbau

Die Versuchsperson saß an einem Schreibtisch mit Blick auf den Computerbildschirm, auf dem die Fragen und die Filme eingespielt wurden, während sich der Kopf der Testperson in der Kinnstütze (Arrington Research, USA) befand (siehe Abbildung 5). Durch die Seitenstreben der Kinnstütze konnte das Präsentationstablett mit den zwölf Geruchsgefäßen nicht eingesehen werden und die Beschriftung der Glasgefäße war zur Versuchsleitung gedreht. Auf der rechten Seite der Versuchsperson war ein zweiter Computer platziert, mit dem die physiologischen Parameter aufgezeichnet wurden. Für die Geruchspräsentation wurde das Glasgefäß an die Markierung der Kinnstütze gehalten.



Abbildung 5 Versuchsaufbau der Geruchspräsentation

2.4.5 Experimenteller Ablauf

Die Experimente zur Geruchspräsentation fanden von August 2019 bis März 2020 in den Versuchsräumen der Universitätsklinik für Psychiatrie und Psychotherapie (Calwer Straße 14, 72076 Tübingen) statt. Im zweiten Teil der Studie wurden die Körpergerüche und NsG jeweils einer Kontrollgruppe und einer ASS-Gruppe präsentiert. Zu Beginn der Session wurde mittels Checkliste überprüft, ob die Diät- und Hygienevorschriften eingehalten wurden. Hierzu wurde erfragt, ob die Versuchsperson derzeit unter einer Erkältung oder eingeschränkter Nasenatmung leidet, ob eine Beeinträchtigung des Geruchssinns vorliegt, ob vor dem Experiment etwas gegessen oder getrunken wurde (z. B. Kaffee), ob vor dem Experiment Sport betrieben wurde, ob in den vergangenen Tagen ein emotionales Ereignis stattgefunden hat und ob am Tag des Experiments Parfüm verwendet wurde. Bei weiblichen Teilnehmerinnen wurde zusätzlich der erste Tag der letzten Menstruation notiert. Danach wurde die Versuchsperson gebeten, das STAI und den Autismus-Spektrum-Quotient (AQ; Baron-Cohen, Wheelwright, Skinner, Martin, & Clubley, 2001; Dammann, 2002) über die Web-Applikation SoSci Survey zu absolvieren. Während des Experiments wurde ein 3-Kanal-Elektrokardiogramm (EKG), die Pulsoxymetrie am Finger und ein faziales EMG aufgezeichnet, um die physiologischen Reaktionen auf die Geruchsexposition zu untersuchen. Bis auf zwei zusätzliche EMG-Elektroden, die den Musculus corrugator supercilii abbilden sollten, wurden die physiologischen Parameter äquivalent zum ersten Teil der Studie erhoben. Danach wurde erläutert, wie die Geruchspräsentation stattfinden sollte. Nach

Aufsetzen der Kopfhörer wurde die Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit notiert. Die Geruchspräsentation war in vier Blöcke mit jeweils acht Gerüchen unterteilt (siehe Abbildung 6). Vor jedem Block wurde ein fünfminütiges Baseline-Video gezeigt. Es handelte sich um die gleichen neutralen Dokumentarfilme, die bereits im ersten Teil der Studie verwendet wurden. Wie in Abbildung 6 dargestellt, bestanden die vier Blöcke jeweils aus einem Block mit männlichen und weiblichen Körpergerüchen sowie aus zwei Blöcken mit nicht-sozialen Gerüchen. Es wurden Gefäße mit keinem Geruch (Leerprobe), negativem (Fäkalien), neutralem (Gras) und positivem Geruch (Rose) präsentiert. Diese wurden jeweils zwei Mal pro Block der Testperson vorgehalten. Die Leerprobe wurde immer zu Beginn eines Blocks und an fünfter Stelle der acht Gerüche präsentiert. Die Abfolge der Blöcke zwischen den Teilnehmenden und auch die Reihenfolge der Gerüche zwischen den Leerproben erfolgte randomisiert. Die Glasgefäße wurden jeweils für fünf Sekunden und zwei Zentimeter von den Nares entfernt durch einen Abstandshalter an der Kinnstütze präsentiert. Zwischen der Präsentation der Gerüche lag ein zeitlicher Abstand von circa 20 Sekunden ($M = 20.24$, $SD = 7.37$). Während der Geruchspräsentation sollte Bewegung vermieden werden. Es wurde mit der Software ein zeitlicher Marker gesetzt, wann ein Geruch exponiert wurde. Die Gefäße wurden sofort nach der Präsentation des Geruchs wieder geschlossen. Fragen zur Einschätzung des aktuellen emotionalen Zustands wurden nach jedem Baseline-Video in Form einer VAS von 0 (überhaupt nicht) bis 100 (extrem) über die Software OpenSesame gestellt (siehe Abbildung 6). Es wurde erhoben, wie wütend/ ängstlich/ angeekelt/ freudig/ gelassen sich die Testperson im Moment fühlt (Fragenblock 1). Nach jedem Geruch erfolgten außerdem die Fragen, wie vertraut/ intensiv/ aufwühlend/ angenehm der Geruch erschien (Fragenblock 2). Die Abfolge der Fragen innerhalb einer Kategorie erfolgte randomisiert. Nach der Geruchspräsentation wurde erneut die Raumtemperatur und die Luftfeuchtigkeit erhoben.

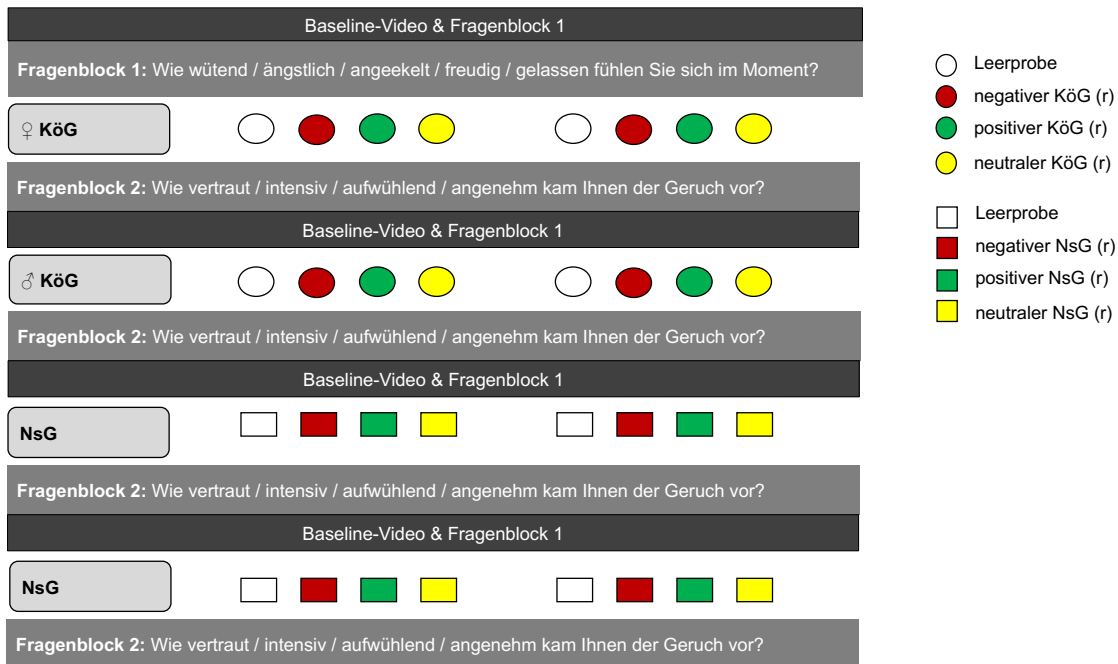


Abbildung 6 Ablauf der Geruchspräsentation der vier Blöcke in randomisierter Reihenfolge
Anmerkung. NsG = nicht-sozialer Geruch. KöG = Körpergeruch. r = randomisiert.

Dann wurde die Versuchsperson über die Studie und die Präsentation von Körpergerüchen aufgeklärt. Infolgedessen wurde erfragt, ob sich die Versuchsperson über die Präsentation von Körpergerüchen im Klaren war und ob das Ziel der Studie bekannt war. Außerdem sollten die Teilnehmenden im Folgenden die axillaren Schweißproben (freudiger, ängstlicher und neutraler weiblicher oder männlicher Körpergeruch und zwei Leerproben) bewusst einer Emotion (freudig, ängstlich, neutral oder Leerprobe) zuordnen. Die Präsentation der Gerüche erfolgte randomisiert innerhalb der Blöcke mit rein männlichem oder weiblichem Körpergeruch. Nach Ende des Experiments erfolgte die Information zum Ergebnis des Geruchstests der Voruntersuchung. Die Dauer des Experiments umfasste circa eineinhalb Stunden.

2.5 Screeninginstrumente und Kontrollvariablen

2.5.1 Semistrukturiertes klinisches Interview für DSM-IV (SKID)

Um bei den Teilnehmenden ein Screening auf psychische Erkrankungen durchzuführen, wurde der Screeningbogen des semistrukturierten, klinischen Interviews für DSM-IV (SKID) mit allen Teilnehmenden durch geschulte Versuchsleiterinnen durchgeführt (Demal, 1999; Wittchen et al., 1997). Ergaben

sich auffällige Antworten unter den 22 Hauptfragen zu affektiven Syndromen, psychotischem Erleben, Abhängigkeit von Alkohol oder anderen psychotropen Substanzen, Angststörungen, somatoformen Störungen und Essstörungen, wurden die Fragen auf die entsprechenden Teile des SKID-Interviews Achse I Störungen (SKID-I; Originalversion: First, Spitzer, Gibbon, & Williams, 1996; deutsche Version: Wittchen et al., 1997) ausgeweitet.

2.5.2 Toronto-Alexithymie-Skala-20

Die Toronto-Alexithymie-Skala-20 (TAS-20) ist ein häufig eingesetztes Verfahren zur Messung der Alexithymie, unter der man die eingeschränkte Fähigkeit zur Affektwahrnehmung und -verarbeitung versteht (Schäfer & Franz, 2009). Diese Einschränkungen beziehen sich nicht nur auf die Unfähigkeit der Wahrnehmung und Beschreibung der eigenen Gefühle, sondern auch auf die des Gegenübers (Schäfer & Franz, 2009). Die TAS-20 (deutsche Version: Bach et al., 1996; Originalversion: Bagby, Parker, & Taylor, 1994; Bagby, Taylor, & Parker, 1994) besteht aus 20 Selbstaussagen, die drei Kategorien zugeordnet sind: Schwierigkeiten bei der Identifikation und der Beschreibung von Gefühlen sowie ein extern orientierter Denkstil. Die Aussagen werden durch eine fünfstufige Likert-Skala von 1 „trifft eindeutig nicht zu“ bis 5 „trifft eindeutig zu“ von der Testperson bewertet. Höhere Summenwerte, welche von 20 bis 100 reichen können, gehen mit größerer Alexithymie einher. Ein Gesamtwert von 61 oder höher weist auf das Vorhandensein einer Alexithymie hin (Bagby, Parker, et al., 1994; Bagby, Taylor, et al., 1994). In beiden Versuchsgruppen wurden Personen mit Werten über 61 nicht von einer Studienteilnahme ausgeschlossen, da auch Personen mit ASS zu 50 % bis 65 % eine Alexithymie aufweisen (Bird & Cook, 2013; Griffin, Lombardo, & Auyeung, 2016; Hill, Berthoz, & Frith, 2004).

2.5.3 State-Trait-Angstinventar

Das State-Trait-Angstinventar (STAI; deutsche Version: Laux et al., 1981; Originalversion: Spielberger, 1970; Spielberger et al., 1983) ist in das STAI-S und STAI-T unterteilt. Diese erfassen mit jeweils 20 Items die State-Angst (STAI-S) als situativen emotionalen Zustand und die Trait-Angst (STAI-T) als individuelle Persönlichkeitseigenschaft. Codiert werden die Antworten in Form einer

vierstufigen Skala von 1 „überhaupt nicht“ bis 4 „sehr“ (STAI-S) und von 1 „fast nie“ bis 4 „fast immer“ (STAI-T). Dadurch können Werte zwischen 20 und 80 erreicht werden. Höhere Gesamtwerte deuten auf eine größere Ängstlichkeit der Person hin.

2.5.4 Revidiertes Beck-Depressions-Inventar

Um eine Depression bei den Teilnehmenden ausschließen zu können, wurde die revidierte Version des Beck-Depressions-Inventars (BDI-II; Originalversion: Beck et al., 1996; deutsche Version: Hautzinger et al., 2006) mit den Versuchspersonen durchgeführt. Der BDI-II enthält 21 Gruppen mit jeweils vier Aussagen, die von 0 „überhaupt nicht“ bis 3 „immer“ beantwortet werden können. Jede Gruppe behandelt ein Depressionssymptom und es soll die Antwort ausgewählt werden, die am besten zum emotionalen Zustand der letzten zwei Wochen, einschließlich des Testtages, passt. Die Summenwerte können zwischen 0 und 63 liegen. Hierbei repräsentieren höhere Werte eine stärkere depressive Stimmung.

2.5.5 Diagnostische Beobachtungsskala für Autistische Störungen 2

Die Diagnostische Beobachtungsskala für Autistische Störungen - 2 (ADOS-2; Lord et al., 2012; deutsche Version: Poustka et al., 2015) Modul 4, das für fließend verbalisierende Erwachsene konzipiert wurde, wurde in der vorliegenden Studie in Form eines Interviews von geschulten Psychologinnen durchgeführt. Der ADOS-2 besteht aus spielerischen und kommunikativen Elementen, bei denen verschiedene Punktwerte innerhalb der Kategorien (wechselseitige soziale Interaktion, Kommunikation, Kreativität und Vorstellungsvermögen) erzielt werden können. Anhand von Grenzwerten lassen sich dadurch die Symptome einer ASS einordnen. Die Erhebung des ADOS-2 dauerte ca. 40 bis 60 Minuten. Der ADOS-2 der Teilnehmenden wurde zum Teil nach langjähriger Therapie erhoben und entspricht nicht den Werten zum Zeitpunkt der Erstmanifestation bzw. Erstdiagnose.

2.5.6 Autismus-Spektrum-Quotient

Der Autismus-Spektrum-Quotient (AQ; Originalversion: Baron-Cohen et al., 2001; deutsche Version: Dammann, 2002) wurde als Screeninginstrument zur

Selbsteinschätzung entworfen. Es soll erfasst werden, inwieweit neurotypische Personen autistische Züge aufweisen (Baron-Cohen et al., 2001). Der Test besteht aus 50 Aussagen, die auf einer vierstufigen Likert-Skala von „stimme völlig zu“ bis „stimme gar nicht zu“ beantwortet werden. Maximal können 50 Punkte erzielt werden. Die Aussagen bestehen aus den fünf Kategorien: soziale Kompetenz, Aufmerksamkeitswechsel, Liebe zum Detail, Kommunikation und Vorstellungskraft (Woodbury-Smith, Robinson, Wheelwright, & Baron-Cohen, 2005). Für jedes Item, das zu autistischen Zügen passt, wird ein Punkt verrechnet. Da sich die bisherige Forschung über die Aussagekraft des Gesamtwertes und die Definition der Faktoren des AQ uneinig sind, wurde das von Russell-Smith, Maybery, und Bayliss (2011) beschriebene Drei-Faktoren-Modell in den Methoden verwendet. Somit wurde die Likert-Skala angepasst und statt der Codierung 0 oder 1 (Baron-Cohen et al., 2001) eine Codierung von 0 bis 3 vorgenommen. Höhere Gesamtpunkte, welche von 0 bis 150 reichen können, gehen mit einer stärkeren Ausprägung autistischer Züge einher.

2.5.7 Sniffin' Sticks Extended Test

Der Sniffin' Sticks Extended Test (Burghart Messtechnik, Deutschland) besteht aus drei Modulen, mit denen eine detaillierte Untersuchung des Riechvermögens durchgeführt werden kann (Burghart Messtechnik GmbH, 2021; Hummel, Sekinger, Wolf, Pauli, & Kobal, 1997). Die Riechstifte sind mit vier Milliliter Geruchslösung befüllt und sollen für drei Sekunden präsentiert werden (Rumeau, Nguyen, & Jankowski, 2016). Mit dem Schwellentest, welcher aus 48 Riechstiften besteht, darunter 16 Verdünnungen von n-Butanol, kann die Geruchswahrnehmungsschwelle bestimmt werden (Burghart Messtechnik GmbH, 2021; Rumeau et al., 2016). Beim Diskriminationstest sind die 48 Riechstifte in Triplets mit 16 Riechstoffpaaren und jeweils einem abweichenden Einzelgeruch aufgeteilt. Dieser Einzelgeruch soll erkannt werden. Beim Identifikationstest sollen 16 Riechstifte mit Alltagsgerüchen einem von vier Begriffen einer Auswahlkarte zugeordnet werden (Burghart Messtechnik GmbH, 2021; Rumeau et al., 2016). Der Summenwert besteht aus den Punktwerten der drei Einzelmessungen, welche durch die Anzahl der korrekten Antworten festgelegt werden, und reicht von 1 bis 48. Die Testergebnisse werden alters-

und geschlechtsspezifisch beurteilt (Rumeau et al., 2016). In dieser Studie wurden Teilnehmende der KG, welche den Normwert der Referenzgruppe unterschritten, von einer Teilnahme ausgeschlossen. Dies erfolgte analog zu den Studienergebnissen von Oleszkiewicz et al. (2019), welche Werte angeben, bei denen von einer Normosmie auszugehen ist.

2.6 Statistische Auswertung

Alle statistischen Analysen wurden mit der Software SPSS Statistics v. 26.0.0.0 und Microsoft Excel v. 16.66.1 durchgeführt. Für alle Analysen wurde das Signifikanzniveau auf $p < .05$ festgelegt und die Effektstärken wurden, wenn möglich, bestimmt. Aufgrund der kleinen Stichprobengröße werden Werte zwischen $p = .050$ und $p = .054$ als Trend angegeben mit dem Ziel, Hypothesen für zukünftige Studien zu fördern.

2.6.1 Auswertung der soziodemografischen Eigenschaften der Stichproben

Zur Berechnung der Gruppenunterschiede hinsichtlich der Demografie der Stichprobe, der TAS-20-, der BDI-II-, der AQ- und der STAI-Summenwerte sowie der Sniffin' Sticks Testwerte wurden t -Tests für unabhängige Stichproben oder der Mann-Whitney-U-Test bei nicht normalverteilten Daten verwendet. Die Voraussetzungen für die statistischen Analysen wurden mit einer Prüfung der Normalverteilung (Shapiro-Wilk-Test, $p < .001$), der Identifikation von Ausreißern und der Bestimmung der Varianzhomogenität (Levene-Test) bzw. der Sphärizität (Mauchly-Test, Korrekturverfahren nach Greenhouse-Geisser-Korrektur) geprüft. Die Verteilungsgleichheit zweier Gruppen wurde vor Anwendung des Mann-Whitney-U-Tests mittels Kolmogorov-Smirnov ($p > .05$) kontrolliert. Zur Bestimmung der Effektstärke wurde Cohen's d herangezogen (Hemmerich, 2015). Von einem kleinen Effekt ist bei $|d| = 0.2$, von einem mittleren bei $|d| = 0.5$ und von einem großen Effekt bei $|d| = 0.8$ auszugehen (Cohen, 1988). Unterschiede bei den STAI-S-Summenwerten zwischen den Filmkategorien wurden mittels Friedman-Test bei einer abhängigen Stichprobe mit nicht normalverteilten Daten analysiert. Unterschiede zwischen Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit wurden mit einer ANOVA (Analysis of Variance) untersucht.

2.6.2 Auswertung der Emotionsinduktion

Die Analyse der Schweißproduktion zwischen den verschiedenen Filmkategorien erfolgte mittels Friedman-Test bei abhängigen Stichproben und nicht normalverteilten Daten. Eine Post-hoc-Testung wurde in Form eines Dunn-Bonferroni-Tests vorgenommen. Zur Ermittlung der Effektstärke wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson bestimmt. Von einer schwachen Korrelation ist bei $|r| = 0.1$, von einer mittleren bei $|r| = 0.3$ und von einer großen Korrelation bei $|r| = 0.5$ auszugehen (Cohen, 1988; Hemmerich, 2020). Geschlechtsspezifische Unterschiede des Kompressengewichts wurden mit einem Kruskal-Wallis-Test bei unabhängigen Stichproben und nicht normalverteilten Daten analysiert. Auf die nicht normalverteilten Daten des emotionalen Zustands vor und nach der emotionalen Induktion wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test bei verbundenen Stichproben angewendet. Die Verteilung der Differenzen wurde gemäß visueller Inspektion des Histogramms auf Symmetrie geprüft.

2.6.3 Auswertung der Geruchspräsentation

Zur Ermittlung der Stimmung der Teilnehmenden zwischen den Blöcken wurde bei Normalverteilung ohne extreme Ausreißer eine ANOVA mit Messwiederholung oder bei nicht parametrischen Daten ein Friedman-Test angewendet. Bei den Analysen wurden die Voraussetzungen zur Normalverteilung gemäß Shapiro-Wilk ($p > .05$) und die Sphärizität mittels Mauchly-Test ($p > .05$) überprüft oder dessen Korrekturverfahren nach Greenhouse-Geisser angewendet. Zur Analyse der Unterschiede der experimentellen Bedingungen zwischen den Gruppen wurde bezüglich der Raumtemperatur ein t -Test für unabhängige Stichproben bzw. bei der Luftfeuchtigkeit ein Mann-Whitney-U-Test bei fehlender Normalverteilung durchgeführt. Im Datensatz befanden sich keine Ausreißer. Die Verteilungen der beiden Gruppen unterschieden sich nicht voneinander, Kolmogorov-Smirnov $p > .05$.

Zur Auswertung der subjektiven Bewertungen von Intensität, Annehmlichkeit, Vertrautheit und Erregung wurden unter Berücksichtigung der Clusterbildung bei

Messwiederholung, nicht normalverteilten Daten und fehlender Varianzhomogenität Generalisierte Schätzgleichungen (GEE) als semi-parametrische Verfahren angewendet. Als Zwischensubjektfaktor diente die Zuteilung zur Versuchsgruppe (KG und ASS-Gruppe, Faktor: Gruppe). Es wurden als Innersubjektfaktoren die Unterscheidung von Körpergeruch und NsG (Faktor: Geruchstyp) und die Valenzen positiv, negativ, neutral und Leerprobe (Faktor: Valenz) festgelegt. Das Modell macht eine Analyse der Zwischen- und Innersubjektfaktoren im 2x2x4-Modell unter Berücksichtigung der Kovariaten Alter und BDI-II-Summenwert möglich.

Für die Auswertung der Identifikationsleistung wurden Generalisierte Schätzgleichungen bei binären Daten mit Messwiederholung verwendet. Die Anpassung der Mehrfachvergleiche erfolgte Bonferroni-korrigiert.

3 Ergebnisse

3.1 Probengewinnung

3.1.1 Demografie der Stichprobe

Bei einem Teilnehmer bestand beim Kontrollieren der Geruchsproben der Verdacht, dass diese durch Parfüm kontaminiert wurden. Somit wurden Proben von 19 Teilnehmenden (davon zehn Frauen, 53 %) verwendet. Alle Analysen beziehen sich auf die Fallzahl $n = 19$, wenn nicht anders angegeben. Die Versuchspersonen waren zwischen 18 und 29 Jahre alt ($M = 23.00$, $SD = 3.07$ Jahre). Alle Teilnehmenden wiesen die Nationalität und Muttersprache Deutsch auf, waren kaukasisch und ledig. Sechzehn Teilnehmende (84 %) gaben an, einen Gymnasialabschluss zu haben und drei Teilnehmende (16 %) verfügten über einen Bachelorabschluss. Siebzehn Personen (89 %) waren Studierende, eine Person (5 %) in Festanstellung und eine Person (5 %) in keinem Arbeitsverhältnis. Alle Teilnehmenden gaben an, heterosexuell zu sein. Keine Versuchsperson wies eine medizinische bzw. psychische Erkrankung auf. Eine Person gab an, einen Verwandten ersten Grades mit Depressionen zu haben. Alle Teilnehmerinnen verwendeten hormonelle Kontrazeptiva (90 % orale Kontrazeptiva, 10 % Vaginalring). Eine Person nahm regelmäßig Magnesium und eine weitere Iodid ein. Keine der Teilnehmerinnen gab an, schwanger zu sein oder zu stillen. Acht Probandinnen hatten einen 28 Tage dauernden Menstruationszyklus, zwei weitere Teilnehmerinnen nahmen die hormonelle Kontrazeption durchgehend ein. Alle Versuchspersonen waren Nichtraucher und arbeiteten nicht mit Rauchern zusammen. Eine Person lebte jedoch mit einem Raucher im selben Haushalt. Sport wurde im Durchschnitt 4.58 Stunden pro Woche ($SD = 2.48$) betrieben. Bei der Auswertung der Gesamtwerte des TAS-20 ergaben sich Werte zwischen 34 und 60 ($M = 44.74$, $SD = 6.55$). Zwischen 52 und 60 Punkten lagen 16 % ($n = 3$), wohingegen 84 % der Teilnehmenden ($n = 16$) Werte kleiner oder gleich 51 aufwiesen. Keine Person wies Werte über 60 auf.

3.1.2 Kontrollparameter

3.1.2.1 Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit

Aufgrund unvollständiger Daten bei einer Testperson beschränkten sich die Analysen der Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit auf eine Fallzahl von 18 Personen. Die Raumtemperatur war bei den neutralen Filmausschnitten ($M = 24.97$ °C, $SD = 1.86$) höher als bei den Horrorfilmen ($M = 24.57$ °C, $SD = 1.36$) und den Komödien ($M = 24.40$ °C, $SD = 1.32$). Jedoch ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Filmssessions, $F(1.475, 25.075) = 1.253$, $p = .292$. Die Luftfeuchtigkeit im Versuchsraum war bei den Horrorfilmen ($M = 55.94$ %, $SD = 6.83$) größer als bei den Komödien ($M = 54.92$ %, $SD = 8.95$) und den neutralen Filmausschnitten ($M = 53.81$ %, $SD = 5.47$). Diese Unterschiede waren nicht statistisch signifikant, $F(2, 34) = 0.334$, $p = .718$.

3.1.2.2 Einhaltung der experimentellen Vorschriften

Bei der Körpergeruchsgewinnung wurden die Vorschriften des Diät- und Hygieneprotokolls bis auf wenige Verstöße eingehalten. Eine Person gab bei einer der Komödien an, Halsschmerzen zu haben und eine weitere Person gab an, sich generell gestresst zu fühlen. Bei einer der neutralen Sessions gab eine Person an, ein emotionales Event einen Tag zuvor erlebt zu haben. Außerdem haben zwei Personen bei den Horrorfilmen und jeweils eine Person bei den Komödien und Dokumentarfilmen nicht am Tag des Experiments geduscht. Grobe Verstöße gegen das Protokoll wurden nicht festgestellt.

3.1.2.3 State-Trait-Angstinventar (STAI)

Die STAI-T Gesamtwerte ($n = 19$) wurden von der jeweils ersten Sitzung der Probengewinnung ausgewertet. Die Summenwerte der Teilnehmenden befanden sich zwischen 30 und 47 Punkten ($M = 35.90$, $SD = 4.75$). Männer ($M = 36.89$, $SD = 5.97$) wiesen im Vergleich zu Frauen ($M = 35.00$, $SD = 3.40$) höhere Gesamtwerte auf, dieser Unterschied war jedoch nicht statistisch signifikant, $t(17) = .860$, $p = .402$. Die Summenwerte des STAI-S, dargestellt in Tabelle 1, wurden für jede Kategorie der Filmausschnitte einzeln ausgewertet. Die Unterschiede der STAI-S-Summenwerte zwischen den Kategorien Horror-, Komödien und Dokumentarfilme waren nicht statistisch signifikant (Friedman-Test: $\chi^2(2) =$

1.361, $p = .506$). Innerhalb der Filmkategorien gab es keine signifikanten Unterschiede der STAI-S Gesamtwerte zwischen männlichen und weiblichen Teilnehmenden (Horrorfilm: $t(17) = -1.430$, $p = .171$; Komödien: $U = 37.000$, $Z = -.056$, $p = .512$; Dokumentarfilme: $t(17) = -.856$, $p = .404$).

Tabelle 1 State-Trait-Angstinventar: Summenwerte der State-Angst (STAI-S) nach Filmkategorie bei der Probengewinnung

Filmkategorie	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mdn</i>	<i>IQA</i>
Horrorfilme	30	47	32.63	3.86	33	4.00
Komödien	27	42	33.79	5.48	33	5.00
Dokumentarfilme	26	44	31.74	5.13	31	8.00

Anmerkung. *Min* = Minimum. *Max* = Maximum. *M* = Mittelwert. *SD* = Standardabweichung. *Mdn* = Median. *IQA* = Interquartilsabstand.

3.1.2.4 Evaluation des Experiments aus Sicht der Teilnehmenden

Für 67 % ($n = 12$) der Teilnehmenden war die Session mit den Komödien am angenehmsten. Als unangenehmste Session ($n = 14$, 82 %) wurden die Horrorfilme eingeschätzt. Alle Teilnehmenden ($n = 18$, 100 %) empfanden das Experiment im Gesamten als angenehm. Weitere Informationen sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2 Evaluation des Experiments aus Sicht der Versuchspersonen

Fragen zum Experiment	Antwortmöglichkeiten	<i>n</i> (%)
Bewusstsein der emotionalen Induktion	Nein	8 (42)
	Ja	11 (58)
	Gesamt ^a	19 (100)
Bewusstsein der Körpergeruchsgewinnung	Nein	9 (47)
	Ja	10 (53)
	Gesamt ^a	19 (100)
Angenehmste Session	Horrorfilme	2 (11)
	Komödien	12 (67)
	Komödien und Dokumentarfilme	1 (6)
	Dokumentarfilme	3 (17)
	Gesamt ^a	18 (100)
Unangenehmste Session	Horrorfilme	14 (82)
	Komödien	1 (6)
	Dokumentarfilme	2 (12)
	Gesamt ^a	17 (100)
Annehmlichkeit im Gesamten	Ja	18 (100)
	Gesamt ^a	18 (100)

Anmerkung. Aufgrund von Rundungen weicht die Summe der Prozentwerte geringfügig von 100 % ab. Prozentwerte spaltenweise. *n* = Fallzahl. ^a *Gesamt* bezieht sich auf die Fallzahl (*n* = 19) nach Ausschluss fehlender Angaben.

3.1.2.5 Überprüfung der Verblindung

Die Mehrheit der Teilnehmenden (*n* = 10, 53 %) gab an, dass sie sich der Probengewinnung der Körpergerüche bewusst war. Dies galt auch für das Bewusstsein, dass eine Emotionsinduktion (*n* = 11, 58 %) stattgefunden hat. Genauere Angaben sind Tabelle 2 zu entnehmen.

3.1.3 Überprüfung der Emotionsinduktion durch Filmausschnitte

3.1.3.1 Gewicht der Kompressen

Aufgrund von Messfehlern der Waage wurden die Daten von drei weiblichen und zwei männlichen Teilnehmenden von den Analysen ausgeschlossen. Es konnte

ein statistisch signifikanter Unterschied im Gewicht der Kompressen zwischen den drei Filmgenre festgestellt werden, Friedman-Test: $\chi^2(2, n = 14) = 14.920$, $p = .001$. Bei den anschließend durchgeführten Post-hoc-Tests zeigte sich bei den Horrorfilmen eine signifikant höhere axillare Schweißproduktion als bei den Dokumentarfilmen, $z = 1.357$, $p = .001$, $r = .363$, $n = 14$. Obwohl die Schweißproduktion während der Horrorfilme die der Komödien überstieg, war dieser Unterschied nicht signifikant, $z = 0.464$, $p = .658$. Dies galt auch für die Gewichtsunterschiede (in Gramm) der Kompressen zwischen den Komödien und den Dokumentarfilmen, welche nicht signifikant unterschiedlich waren, $z = 0.893$, $p = .054$, $r = .239$, hier zeigte sich jedoch ein Trend in Richtung einer größeren Schweißproduktion bei den Komödien. Männer wiesen bei den Horrorfilmen und Komödien im Mittel eine höhere Schweißproduktion als Frauen auf (siehe Abbildung 7 und Tabelle 3). Bei den Kruskal-Wallis-Tests zeigten sich jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen der Schweißproduktion von Männern und Frauen (Horrorfilme: $z = 2.968$, $p = .089$, $n = 18$; Komödien: $z = 0.900$, $p = .381$, $n = 16$; Dokumentarfilme: $z = 0.564$, $p = .410$, $n = 16$).

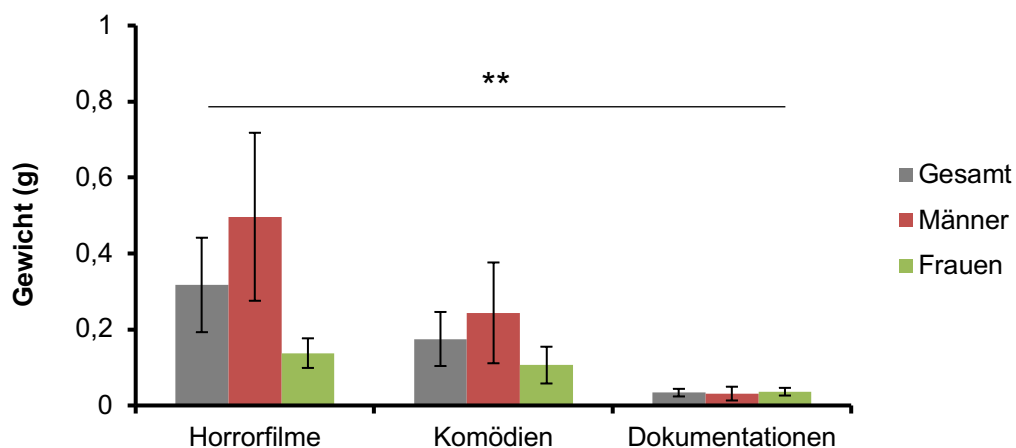


Abbildung 7 Mittlere Schweißproduktion von weiblichen und männlichen Teilnehmenden in Gramm (g) nach Filmkategorie Horror-, Komödien- und Dokumentarfilme

Anmerkung. Fehlerbalken entsprechen dem Standardfehler des Mittelwertes.

** zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den Horror- und Dokumentarfilmen, $p < .01$.

Tabelle 3 Gewicht der Kompressen (in Gramm) nach Filmkategorie und Geschlecht bei der Probengewinnung

Filmkategorie	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mdn</i>	<i>IQA</i>	<i>M</i> ♀	<i>SD</i> ♀	<i>M</i> ♂	<i>SD</i> ♂
Horrorfilme	0.34	0.47	0.20	0.36	0.14	0.12	0.50	0.54
Komödien	0.20	0.27	0.12	0.24	0.11	0.12	0.24	0.34
Dokumentarfilme	0.04	0.04	0.03	0.06	0.04	0.03	0.03	0.05

Anmerkung. *M* = Mittelwert. *SD* = Standardabweichung. *Mdn* = Median. *IQA* = Interquartilsabstand.

3.1.3.2 Subjektive Bewertungen der Filmausschnitte

Aufgrund eines Systemfehlers waren die Daten eines Probanden während der Horrorfilme nicht auswertbar und wurden von den Analysen ausgeschlossen (Horrorfilme: $n = 18$, Komödien- und Dokumentarfilme: $n = 19$). Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests wurden berechnet, um die Auswirkungen der Horrorfilme auf die Fragen zur aktuellen Ängstlichkeit, Nervosität, Stress und Freude, gemessen mittels VAS von 0 bis 100, zu überprüfen.

Für die Horrorfilme zeigte sich eine statistisch signifikante Erhöhung der Ängstlichkeit, $z = -3.148$, $p = .002$, $r = .742$, $n = 18$, der Nervosität, $z = -3.00$, $p = .003$, $r = .707$, $n = 18$ und des Stresszustandes, $z = -3.636$, $p < .001$, $r = .857$, $n = 18$, sowie eine statistisch signifikante Verringerung der Freude, $z = -3.375$, $p < .001$, $r = .795$, $n = 18$.

Bei den Komödien war eine statistisch signifikante Verringerung der Ängstlichkeit, $z = -3.576$, $p < .001$, $r = .820$, $n = 19$, des Stresszustandes, $z = -3.419$, $p = .001$, $r = .784$, $n = 19$, der Nervosität, $z = -2.923$, $p = .003$, $r = .671$, $n = 19$, und eine statistisch signifikante Erhöhung der Freude zu vermerken, $z = -2.696$, $p = .007$, $r = .619$, $n = 19$.

Bei den Dokumentarfilmen ergab sich eine statistisch signifikante Verringerung der Ängstlichkeit, $z = -2.794$, $p = .005$, $r = .640$, $n = 19$, des Stresszustandes war, $z = -3.059$, $p = .002$, $r = .70$, $n = 19$, und der Nervosität, $z = -3.432$, $p = .001$, $r = .787$, $n = 19$. Das Betrachten der Dokumentarfilme zeigte keine statistisch signifikante Veränderung der Freude, $z = -4.03$, $p = .687$, $n = 19$. Abbildung 8 A bis C zeigt die Mittelwerte der subjektiven Bewertungen des emotionalen

Zustands der Teilnehmenden vor und nach der emotionalen Induktion. Die deskriptive Statistik ist in Tabelle 5 dargestellt.

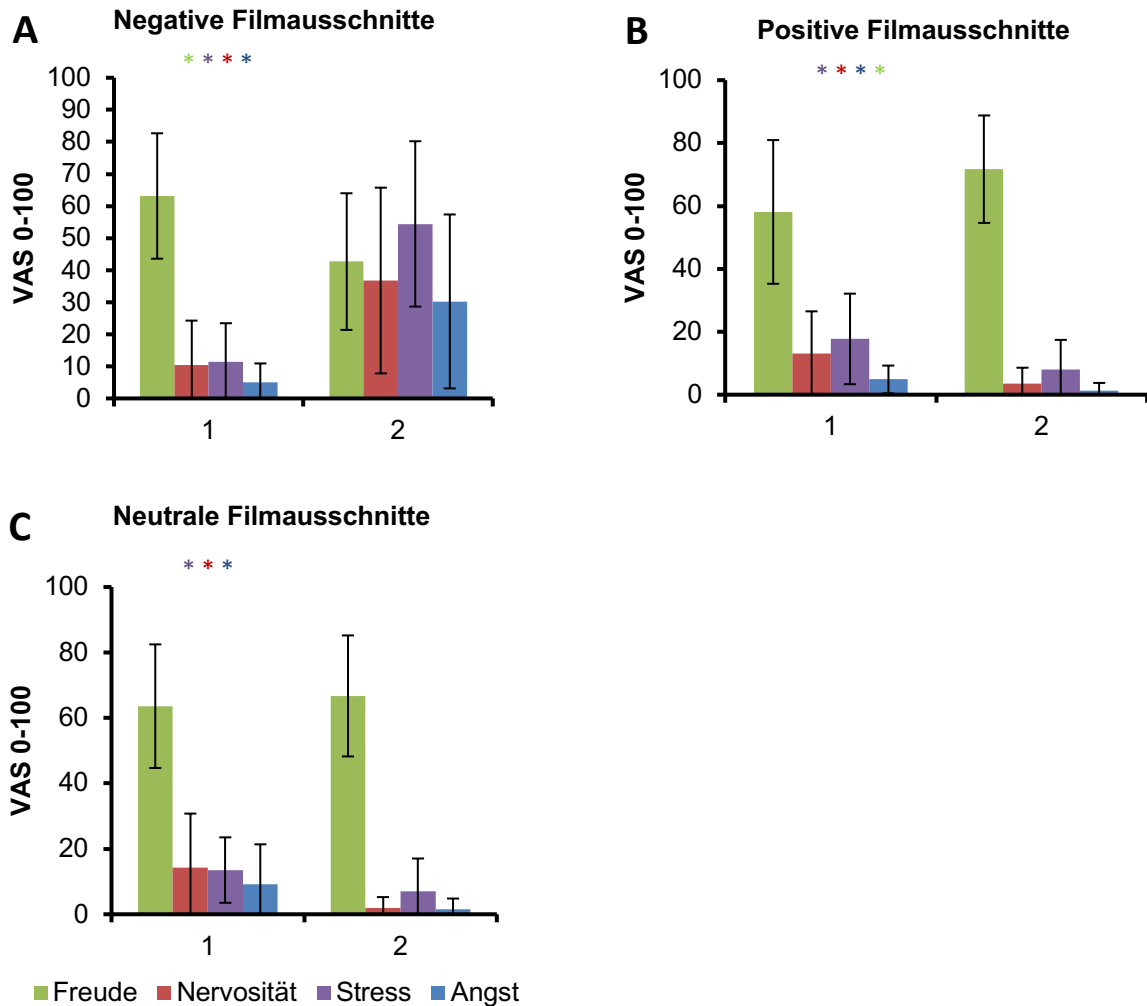


Abbildung 8 Durchschnittliche Bewertungen des emotionalen Zustands vor (1) und nach (2) der Emotionsinduktion durch die Filmkategorien A (Horrorfilme, negativ), B (Komödien, positiv) und C (Dokumentarfilme, neutral) während der Körpergeruchsgewinnung

Anmerkung. Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung des Mittelwerts. VAS = Visuelle Analogskala.

* $p < .05$ für signifikante Unterschiede der Freude (grün), Nervosität (rot), Stress (lila) und Angst (blau).

3.1.3.3 Informationen über die Teilnehmenden hinsichtlich der Filmausschnitte
 Aufgrund fehlender Daten einer weiblichen und zweier männlicher Personen in jeweils einer Session variieren die Fallzahlen der folgenden Analysen. Die ausgewählten Dokumentarfilme waren keiner der 19 Personen bekannt. Zehn Teilnehmende (56 %, $n = 18$) sahen sich regelmäßig Dokumentarfilme an. Die

Filmausschnitte der Horrorfilme waren vier Teilnehmenden (22 %, $n = 18$) bekannt. Fünf Personen (26 %, $n = 19$) sahen sich regelmäßig Horrorfilme an. Achtzehn Teilnehmenden waren die Filmsequenzen der Komödien bereits bekannt, eine Person machte hierzu keine Angaben. Fünfzehn Personen (79 %, $n = 19$) sahen sich regelmäßig Komödien an.

3.2 Geruchspräsentation

3.2.1 Demografie der Stichprobe

Die gesamte Stichprobe (ASS und KG) bestand aus 51 Teilnehmenden (davon 24 Frauen, 47 %). Alle Analysen beziehen sich auf die Fallzahlen $n = 11$ in der ASS-Gruppe und $n = 40$ in der KG, wenn nicht anders angegeben. Bis auf vier Personen, welche die Nationalität ungarisch, bulgarisch oder österreichisch (zwei Personen) angaben, wiesen alle Teilnehmenden die Nationalität Deutsch auf und waren kaukasisch. Keine der Probandinnen war schwanger oder stillend. Dreiundzwanzig Teilnehmende (45 %), davon 16 Personen aus der KG und sieben aus der ASS-Gruppe, gaben an, Allergien zu haben. Diese umfassten Bienen- oder Wespengiftallergien, Rhinokonjunktivitis allergica gegenüber Tierhaaren und Hausstaubmilben, Allergien gegenüber Nickel oder Chrom, Medikamenten-, Lactose-, Fructose- und Glutenunverträglichkeiten. Außerdem hatten 14 Personen (28 %; KG: acht Personen, ASS: sechs Personen) Operationen im Gesichts- oder Nasenbereich (Zahnoperationen, Septumbegradigungen, Tonsillektomien) durchführen lassen. Weitere Informationen zur Stichprobe sind Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4 Soziodemografische Daten der Stichprobe der Geruchspräsentation aufgeteilt in die Gruppe mit Autismus-Spektrum-Störung (ASS) und die Kontrollgruppe (KG)

Soziodemografische Fragen	Antwortmöglichkeiten	ASS	KG
		(<i>n</i> = 11)	(<i>n</i> = 40)
Geschlecht, <i>n</i> (%)	Weiblich	2 (18)	22 (55)
	Männlich	9 (81)	18 (45)
Händigkeit, <i>n</i> (%)	Rechtshänder	10 (91)	40 (100)
	Gemischt	1 (9)	0 (0)
Bildungsgrad, <i>n</i> (%)	Realschule	3 (27)	0 (0)
	Gymnasium	4 (36)	22 (55)
	Bachelorabschluss	2 (18)	10 (25)
	Masterabschluss oder höher	1 (9)	7 (18)
	Sonstige	1 (9)	1 (3)
Berufliche Situation, <i>n</i> (%)	Vollzeitbeschäftigung	5 (46)	3 (8)
	Teilzeitbeschäftigung	2 (18)	1 (3)
	Arbeitssuchend	0 (0)	1 (3)
	Student	1 (9)	35 (88)
	Pensioniert	2 (18)	0 (0)
	Sonstiges	1 (9)	0 (0)
Beziehungsstatus, <i>n</i> (%)	Ledig	7 (64)	38 (95)
	Verheiratet	3 (27)	2 (5)
	Geschieden	1 (9)	0 (0)
Sexuelle Orientierung, <i>n</i> (%)	Heterosexuell	9 (82)	40 (100)
	Homosexuell	1 (9)	0 (0)
	Bisexuell	1 (9)	0 (0)
	Sonstiges	0 (0)	0 (0)
Medizinische Erkrankungen, <i>n</i> (%)	Nein	6 (55)	40 (100)
	Ja ^a	5 (46)	0 (0)

Soziodemografische Fragen	Antwortmöglichkeiten	ASS (n = 11)	KG (n = 40)
Psychische Erkrankungen, n (%)	Nein	0 (0)	44 (100)
	Ja	11 (100)	0 (0)
	Ja, davon ASS	11 (100)	-
	Ja, davon Depression	6 (55)	-
	Ja, davon Sonstiges ^b	3 (27)	-
Psychische Erkrankungen in Verwandschaft I ^o , n (%)	Nein	5 (46)	33 (83)
	Ja	6 (55) ^c	7 (18) ^d
Dauermedikation, n (%)	Nein	4 (36)	37 (93)
	Ja	7 (64) ^e	3 (8) ^f
Raucherstatus, n (%)	Nein	8 (73)	31 (78)
	Ja (täglich)	3 (27)	1 (3)
	Ja (nicht täglich)	-	8 (20)
Zusammenleben mit Rauchern, n (%)	Nein	11 (100)	31 (78)
	Ja	0 (0)	9 (23)
Hormonelle Kontrazeption ^g , n (%)	Nein	2 (100)	11 (50)
	Ja	0 (0)	11 (50)
Dauer Menstruationszyklus ^g , n (%)	< 28 Tage	0 (0)	0 (0)
	28 Tage	1 (50)	16 (73)
	> 28 Tage	1 (50)	6 (27)
	Post-Menopause	0 (0)	0 (0)

Anmerkung. Aufgrund von Rundungen weicht die Summe der Prozentwerte geringfügig von 100 % ab. Prozentwerte spaltenweise. n = Fallzahl. ^a Medizinische Erkrankungen der Gruppe ASS: Asthma bronchiale, Bluthochdruck, Lipödem, Chronisches Schmerzsyndrom, chronische Larynxentzündung, Myopie. ^b Psychische Begleiterkrankungen: Posttraumatische Belastungsstörung, Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörung (ADHS), Angststörung, Schlafstörungen, Persönlichkeitsstörung, Zwangsstörung. ^c ASS, Depression, Bipolare Störung, Persönlichkeitsstörung, ADHS. ^d Depression, Angststörung, Essstörung. ^e Allopurinol, L-Thyroxin, unklares Asthmaspray, Agomelatin, Escitalopram, Bupropion, Johanniskraut, Pantoprazol, Seroquel, Candesartan. ^f L-Thyroxin (keine Hypothyreose angegeben, 2 Personen), Vitamin B12. ^g nur für weibliche Teilnehmerinnen, Prozente auf die weibliche Stichprobe bezogen.

Die deskriptive Statistik hinsichtlich der psychometrischen Fragebögen (TAS-20, BDI-II, AQ, STAI, ADOS-2) ist Tabelle 6 zu entnehmen. Bei der Analyse der Summenwerte der TAS-20 wiesen 85 % der KG ($n = 34$) und 55 % ($n = 6$) der ASS-Gruppe Werte kleiner oder gleich 51 auf, wohingegen 10 % ($n = 4$) der KG und 18 % ($n = 2$) der ASS-Gruppe Werte zwischen 52 und 60 Punkten erreichten. Summenwerte von 61 Punkten oder größer zeigten sich in der KG bei 5 % ($n = 2$) und in der ASS-Gruppe bei 27 % ($n = 3$). Mann-Whitney-U-Tests wurden durchgeführt, um zu überprüfen, ob sich die TAS-20- und die BDI-II-Gesamtwerte zwischen der ASS-Gruppe und der KG signifikant unterscheiden. Es gab einen signifikanten Unterschied zwischen der KG und der ASS-Gruppe sowohl bezüglich der TAS-20, $U = 89.00$, $Z = -3.004$, $p = .003$, $r = -.421$ als auch der BDI-II-Gesamtwerte, $U = 52.500$, $Z = -3.880$, $p < .001$, $r = -.543$. Die Gruppe mit ASS zeigte höhere Summenwerte in den Fragebögen zur Alexithymie als auch höhere Depressionswerte im BDI-II. Bei der Erhebung der Ängstlichkeit in Form des STAI-T zeigte die ASS-Gruppe im Mann-Whitney-U-Test signifikant höhere Werte als die KG, $U = 74.500$, $Z = -3.338$, $p = .001$, $r = -.467$. Die ASS-Gruppe wies in den Summenwerten des STAI-S signifikant höhere Werte als die KG auf, $t(11.792) = -2.337$, $p = .038$, $r = -.478$. Der STAI-S-Summenwert war in der KG durchschnittlich 7.09 Punkte niedriger als in der ASS-Gruppe (95 %-CI[-13.706; -0.466]). Bei der Erhebung des AQ zeigte sich ein signifikanter Gruppenunterschied, $U < 0.001$, $Z = -5.041$, $p < .001$, $r = -.706$, mit höheren Werten in der ASS-Gruppe.

3.2.2 Sniffin' Sticks Extended Test

Im Sniffin' Sticks Test ergaben sich signifikant größere Gesamtwerte der Riechperformance in der KG als in der ASS-Gruppe, $U = 75.00$, $Z = -3.323$, $p = .001$, $r = -.465$. Dies galt auch für die Subskalenwerte. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Schwellentestwerten der ASS-Gruppe und der KG, wobei die Testwerte in der ASS-Gruppe durchschnittlich 1.89 Punkte niedriger waren (95 %-CI[0.647; 3.136]), $t(49.00) = 3.054$, $p = .004$, $r = .461$. Außerdem zeigten sich im Mann-Whitney-U-Test in der ASS-Gruppe im Vergleich zur KG signifikant geringere Werte für die Geruchsdiskrimination, $U = 108.500$, $Z = -2.590$, $p = .010$, $r = -.363$, und für die Geruchsidentifikation, $U =$

125.00, $Z = -2.233$, $p = .026$, $r = -.313$. Die Punktwerte des Sniffin' Sticks Tests sind in Abbildung 9 und Tabelle 7 dargestellt.

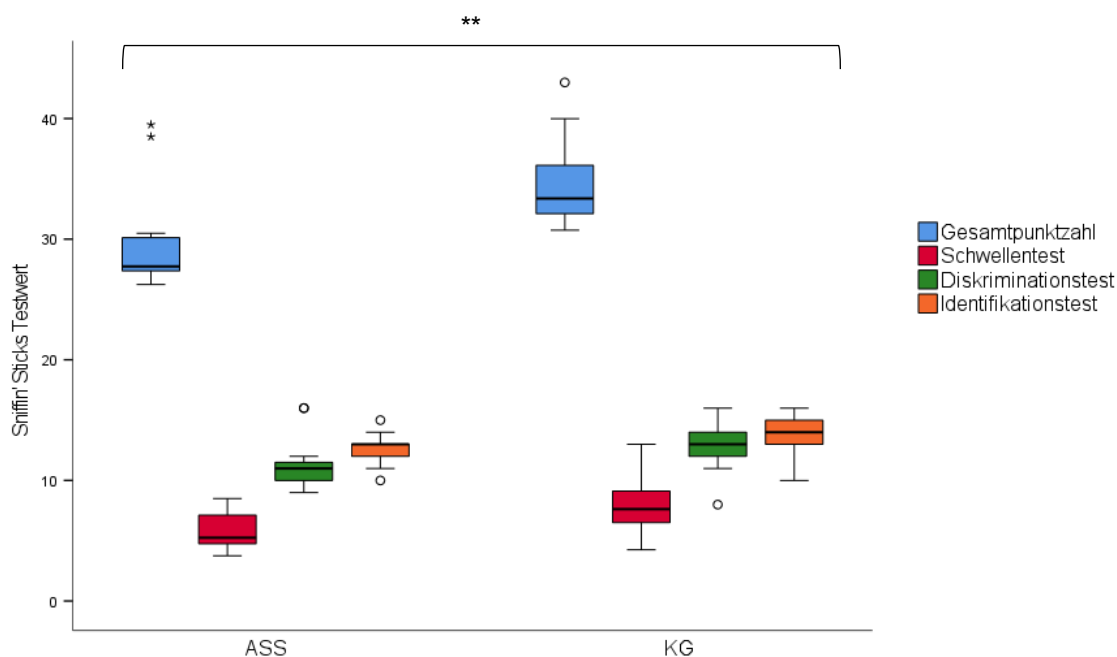


Abbildung 9 Riechperformance der Gruppe mit Autismus-Spektrum-Störung (ASS) und der Kontrollgruppe (KG), erhoben mittels Sniffin' Sticks Test (3 Subtests: Schwellen-, Diskriminations- und Identifikationstest)

Anmerkung. * stellt extreme Ausreißer dar. ° stellt leichte Ausreißer dar.

** zeigt, dass alle Unterschiede zwischen der ASS- und der KG signifikant sind, $p < .05$.

3.2.3 Kontrollparameter

3.2.3.1 Raumtemperatur und Luftfeuchtigkeit

In dem Versuchsraum herrschte eine Durchschnittstemperatur von $24.59\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($SD = 1.28$) und eine Luftfeuchtigkeit von 51% ($SD = 8.91$). Zwischen den experimentellen Bedingungen der ASS-Gruppe und der KG zeigte sich kein Unterschied der Raumtemperatur, $t(49) = 1.129$, $p = .264$, oder der Luftfeuchtigkeit, $U = 180.500$, $Z = -.905$, $p = .365$.

3.2.3.2 Einhaltung der experimentellen Vorschriften

Keine der Versuchspersonen gab am Versuchstag an, einen grippalen Infekt, eine nasale Obstruktion oder einen eingeschränkten Geruchssinn zu haben. Eine Person der KG gab an, dass sich vor dem Experiment ein emotionales Event

ereignet habe. Keiner der Teilnehmenden hat vor dem Experiment Sport betrieben, jedoch haben 21 Personen (42 %, $n = 50$, KG: 16 Personen, ASS: 5 Personen) drei Stunden vor dem Experiment etwas gegessen und sieben Personen (14 %, $n = 50$, KG: 5 Personen, ASS: 2 Personen) etwas anderes außer Wasser getrunken. Zu einer Person fehlen die Daten zur Einhaltung der experimentellen Vorschriften am Versuchstag.

3.2.3.3 Überprüfung der Verblindung

Einer Person aus der KG war bewusst, dass Körpergerüche präsentiert wurden, jedoch war keiner der Personen ($n = 51$, 100 %) das Ziel der Studie bekannt.

3.2.3.4 Stimmung der Teilnehmenden

Die Stimmung der Teilnehmenden („wütend“, „gelassen“, „angeekelt“, „ängstlich“, „freudig“) unterschied sich nicht signifikant zwischen den vier Blöcken der Geruchspräsentation (KG: $p \geq .255$, ASS-Gruppe: $p \geq .055$). Die deskriptive Statistik ist Tabelle 8 zu entnehmen.

3.2.4 Geruchsbewertungen

Für die Auswertung der Geruchswerten Intensität, Erregung, Vertrautheit wurden generalisierte Schätzgleichungen durchgeführt und eine Fallzahl von $n = 1632$ verwendet, die sich aus 51 Teilnehmenden (ASS: $n = 11$, KG: $n = 40$) mit jeweils 32 Geruchspräsentationen zusammensetzt. Bei der Auswertung der Annehmlichkeit mussten aufgrund fehlender Daten 25 Fälle ausgeschlossen werden, wodurch sich eine Fallzahl von 1607 für die Analysen ergibt. Genauer untersucht wurden die Faktoren Gruppe (ASS vs. KG), Geruchstyp (Körpergeruch vs. NsG), Valenz (positiv, negativ, neutral, Leerprobe) sowie die Kovariaten BDI-Summenwert und Alter. Werden die Interaktionen Geruchstyp * Valenz * Gruppe betrachtet, testet Wald-Chi-Quadrat hierbei die einfachen Effekte von Valenz, Gruppe oder Geruchstyp innerhalb jeder Niveauekombination der anderen angezeigten Faktoren. Diese Tests beruhen auf den linear unabhängigen paarweisen Vergleichen zwischen den geschätzten Randmitteln.

3.2.4.1 Intensität

Bei der Auswertung der Geruchsintensität zeigten sich signifikante Effekte für den Geruchstyp, Wald $\chi^2(1, n = 1632) = 209.931, p < .001$, mit höheren Werten für die NsG. Außerdem ergaben sich signifikante Effekte für die Valenz, Wald $\chi^2(3, n = 1632) = 798.321, p < .001$, und die Gruppe, Wald $\chi^2(1, n = 1632) = 21.612, p < .001$, mit höheren Werten in der ASS-Gruppe. Außerdem zeigten sich signifikante Interaktionen zwischen Geruchstyp und Valenz, Wald $\chi^2(3, n = 1632) = 293.910, p < .001$, zwischen Valenz und Gruppe, Wald $\chi^2(3, n = 1632) = 12.214, p = .007$ und zwischen Geruchstyp, Valenz und Gruppe, Wald $\chi^2(3, n = 1632) = 8.472, p = .037$. Die Interaktion zwischen Geruchstyp und Gruppe war nicht signifikant, Wald $\chi^2(3, n = 1632) = 0.373, p = .541$. Der Effekt der Kovariate BDI-II-Summenwert auf die Geruchsbewertungen war signifikant, Wald $\chi^2(1, n = 1632) = 25.011, p < .001$, Regressionskoeffizient = -3.578, wohingegen das Alter keinen statistisch signifikanten Einfluss hatte, Wald $\chi^2(1, n = 1632) = 2.963, p = .085$.

In den paarweisen Vergleichen von Geruchstyp * Valenz * Gruppe zeigten sich innerhalb der KG signifikante Unterschiede zwischen den Intensitäten der verschiedenen **Valenzen** der NsG, Wald $\chi^2(3) = 1106.269, p < .001$, als auch der Körpergerüche (KöG), Wald $\chi^2(3) = 20.820, p < .001$. Hierbei wiesen die Leerproben im Vergleich zu den positiven, negativen und neutralen NsG als auch zu den KöG eine signifikant geringere Intensität auf, alle $ps \leq .001$. Bei den NsG zeigte die negative Probe eine signifikant geringere Intensität als die neutrale, $p = .011$, während die anderen nicht signifikant unterschiedlich waren, alle $ps \geq .373$. Die positiven, negativen und neutralen KöG waren nicht signifikant unterschiedlich intensiv, alle $ps \geq .235$.

Innerhalb der ASS-Gruppe zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Intensitäten der verschiedenen Valenzen der NsG, Wald $\chi^2(3) = 228.050, p < .001$, nicht jedoch zwischen den Valenzen der KöG, Wald $\chi^2(3) = 3.791, p = .285$. Die Leerproben wurden signifikant weniger intensiv bewertet als die verschiedenen NsG, alle $ps < .001$. Die negativen NsG unterschieden sich nicht

signifikant von den positiven oder neutralen NsG, alle $p_s = 1.000$. Jedoch wurde der neutrale NsG signifikant intensiver als der positive bewertet, $p = .035$.

Bei Betrachtung der Unterschiede des **Geruchstyps** zeigten sich in der KG keine signifikanten Unterschiede zwischen den Leerproben beider Blöcke, $p = .508$. Jedoch wurden die negativen, positiven und neutralen NsG signifikant intensiver wahrgenommen im Vergleich mit den jeweiligen KöG, alle $p_s < .001$. In der ASS-Gruppe wurden sowohl die Leerproben als auch die negativen, positiven und neutralen NsG signifikant intensiver im Vergleich zu den jeweiligen KöG eingeschätzt, alle $p_s \leq .035$. Mittelwerte der einzelnen Intensitätsbewertungen der Gerüche sind Abbildung 10 zu entnehmen.

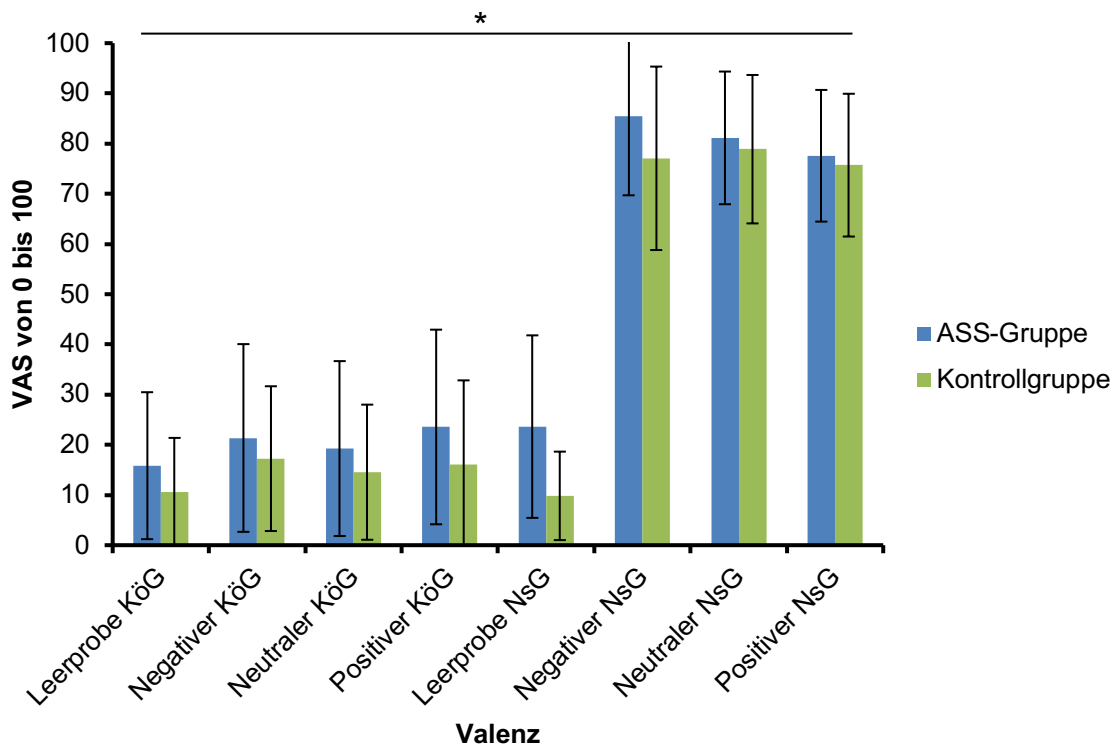


Abbildung 10 Durchschnittliche Intensität der nicht-sozialen Gerüche (NsG) und der Körpergerüche (KöG) nach Valenz und Gruppe

Anmerkung. Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung des Mittelwerts. VAS = Visuelle Analogskala. ASS = Autismus-Spektrum-Störung.

* zeigt, dass der Unterschied zwischen ASS- und Kontrollgruppe für NsG und KöG signifikant war, $p < .001$.

3.2.4.2 Erregung

In den generalisierten Schätzgleichungen zeigten sich signifikante Effekte auf die Erregung für den Geruchstyp, Wald $\chi^2(1, n = 1632) = 41.926, p < .001$, und für die Geruchsvalenz, Wald $\chi^2(3, n = 1632) = 48.908, p < .001$. Ein signifikanter Gruppen-Effekt zeigte sich nicht, Wald $\chi^2(1, n = 1632) = 3.320, p = .068$. Des Weiteren ergaben sich signifikante Interaktionen zwischen Geruchstyp und Valenz, Wald $\chi^2(3, n = 1632) = 70.420, p < .001$, zwischen Valenz und Gruppe, Wald $\chi^2(3, n = 1632) = 9.613, p = .022$, und zwischen Geruchstyp, Valenz und Gruppe, Wald $\chi^2(3, n = 1632) = 9.515, p = .023$. Die Effekte der Kovariate BDI-II-Summenwert waren nicht signifikant, Wald $\chi^2(1, n = 1632) = 2.530, p = .112$, wohingegen das Alter der Teilnehmenden einen signifikanten Einfluss auf die Erregung hatte, Wald $\chi^2(1, n = 1632) = 3.865, p = .049$, Regressionskoeffizient = 1.036.

In den paarweisen Vergleichen von Geruchstyp * Valenz * Gruppe ergaben sich in der KG signifikante Unterschiede sowohl zwischen den **Valenzen** der NsG, Wald $\chi^2(3) = 75.490, p < .001$, als auch der KöG, Wald $\chi^2(3) = 13.697, p = .003$. Hier wurden die Leerproben signifikant weniger erregend als die Proben mit positivem, negativem oder neutralem **NsG** eingeschätzt, alle $ps < .001$. Der negative NsG wurde signifikant erregender bewertet als der positive NsG, $p < .001$, und zeigte einen Trend, indem er erregender als der neutrale NsG eingeschätzt wurde, $p = .051$. Der neutrale NsG zeigte sich signifikant erregender als der positive NsG, $p = .012$. Bei den **KöG** wurde der negative signifikant erregender als die Leerprobe bewertet, $p = .002$, wohingegen sich die Leerprobe nicht von den positiven und neutralen KöG unterschied, alle $ps \geq .273$. Negative und positive KöG sowie positive und neutrale KöG wurden nicht signifikant unterschiedlich bewertet, alle $ps \geq .227$. Der negative KöG wurde jedoch signifikant erregender als der neutrale KöG bewertet, $p = .013$.

Auch innerhalb der ASS-Gruppe zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen der Erregung der verschiedenen Valenzen der NsG, Wald $\chi^2(3) = 21.628, p < .001$, als auch der KöG, Wald $\chi^2(3) = 13.851, p = .003$. Bei den **NsG** wurde kein signifikanter Unterschied der Erregung zwischen der Leerprobe und dem

positiven bzw. neutralen Geruch deutlich, $p = 1.000$. Der negative NsG wurde signifikant erregender als der positive NsG, der neutrale NsG und die Leerprobe bewertet, alle $ps \leq .002$. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen dem positiven und dem neutralen NsG, $p = 1.000$. Für die **KöG** zeigte sich kein signifikanter Unterschied der Erregung, alle $ps \geq .055$.

In den paarweisen Vergleichen des **Geruchstyps** zeigte sich sowohl bei der KG als auch bei der ASS-Gruppe kein signifikanter Unterschied zwischen den Leerproben von NsG und KöG, alle $ps \geq .196$. In der KG wurden die negativen, positiven und neutralen NsG als signifikant erregender angesehen als die jeweiligen KöG, alle $ps < .001$. Dies zeigte sich auch bei der ASS-Gruppe für die negative und neutrale Valenz, alle $ps \leq .008$. Bei der positiven Valenz wurden NsG und KöG als nicht signifikant unterschiedlich bewertet, $p = .070$.

Die paarweisen Vergleiche der Interaktion Gruppe * Geruchstyp * Valenz zeigten, dass sich die **Gruppen** hinsichtlich der Leerprobe, der negativen NsG und der positiven NsG nicht unterschieden, alle $ps \geq .064$. Allerdings unterschieden sich die Gruppen signifikant hinsichtlich der Erregung der neutralen NsG und der negativen, positiven und neutralen KöG, alle $ps \leq .047$, mit höheren Werten in der KG.

Die Durchschnittswerte der einzelnen Bewertungen, wie erregend die Teilnehmenden die Gerüche empfanden, sind in Abbildung 11 dargestellt.

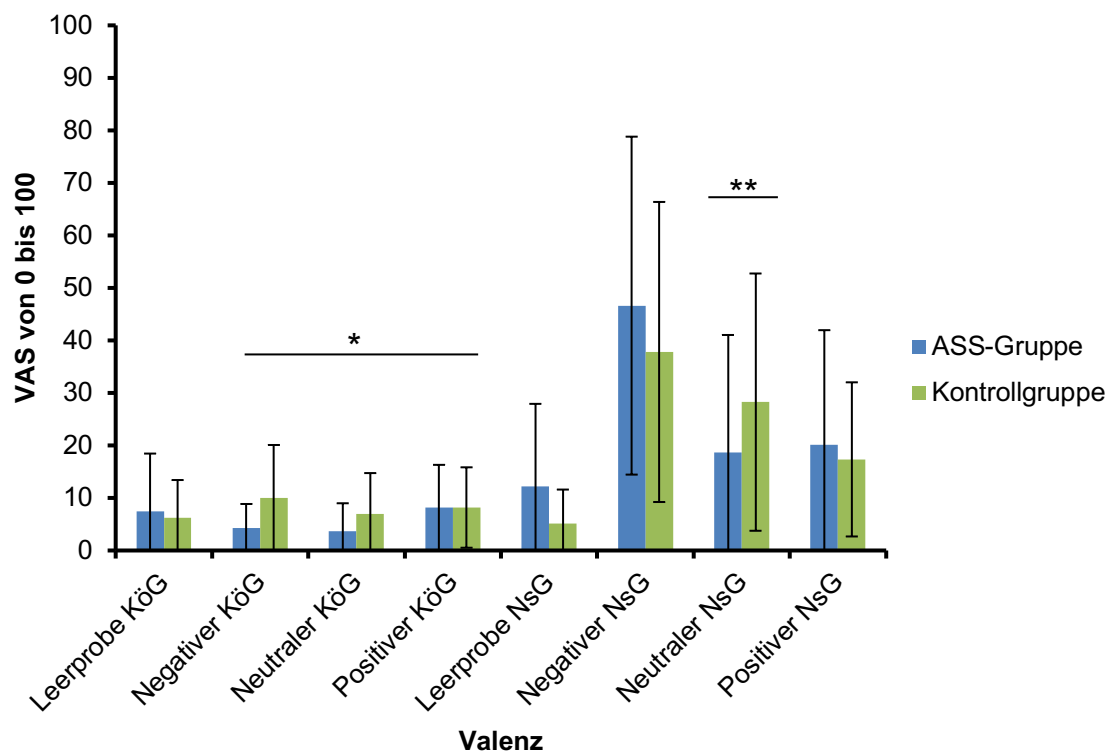


Abbildung 11 Durchschnittliche Erregung der nicht-sozialen Gerüche (NsG) und Körpergerüche (KöG) nach Valenz und Gruppe

Anmerkung. Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung des Mittelwerts. VAS = Visuelle Analogskala. ASS = Autismus-Spektrum-Störung.

* zeigt, dass die Unterschiede zwischen ASS- und Kontrollgruppe für den negativen, neutralen und positiven KöG und ** neutralen NsG signifikant waren, $p < .05$.

3.2.4.3 Vertrautheit

Es zeigten sich bei den Geruchsbewertungen der Vertrautheit signifikante Effekte für den Geruchstyp, Wald $\chi^2(1, n = 1632) = 144.286, p < .001$ und für die Valenz, Wald $\chi^2(3, n = 1632) = 138.018, p < .001$. Ein signifikanter Effekt der Gruppe zeigte sich nicht, Wald $\chi^2(1, n = 1632) = 0.645, p = .422$. Es konnte eine signifikante Interaktion zwischen Geruchstyp und Valenz festgestellt werden, Wald $\chi^2(3, n = 1632) = 211.161, p < .001$. Bezüglich der Interaktion Typ * Valenz * Gruppe zeigte sich ein signifikanter Effekt, Wald $\chi^2(3, n = 1632) = 7.801, p = .050$, wohingegen die übrigen Interaktionen keine Signifikanz erreichten: Valenz * Gruppe: Wald $\chi^2(3, n = 1632) = 3.367, p = .338$; Typ * Gruppe: Wald $\chi^2(1, n = 1632) = 0.177, p = .674$. Weder die Effekte der Kovariate BDI-II-Summenwert auf

die Geruchsbewertungen, Wald $\chi^2(1, n = 1632) = 0.001, p = .973$, noch die des Alters, Wald $\chi^2(1, n = 1632) = 0.175, p = .676$, waren signifikant.

In den paarweisen Vergleichen von Geruchstyp * Valenz * Gruppe ergaben sich in der KG signifikante Unterschiede zwischen den **Valenzen** der NsG, Wald $\chi^2(3) = 184.080, p < .001$, nicht jedoch zwischen denen der KöG, Wald $\chi^2(3) = 6.373, p = .095$. Im Block der **NsG** wurden die Leerproben signifikant weniger vertraut eingeschätzt als die Proben mit Geruch, alle $ps < .001$. Der positive NsG wurde von der KG signifikant vertrauter bewertet als der negative, $p < .001$, und auch vertrauter als der neutrale NsG, $p = .001$. Kein signifikanter Unterschied wurde zwischen dem negativen und neutralen NsG deutlich, $p = .904$.

In der ASS-Gruppe ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Valenzen der NsG, $\chi^2(3) = 129.551, p < .001$, nicht jedoch zwischen denen der KöG, $\chi^2(3) = 7.077, p = .069$. Die Leerproben im Block der **NsG** wurden signifikant weniger vertraut eingeschätzt als die negativen, positiven und neutralen NsG, alle $ps < .001$. Die übrigen Valenzen der NsG unterschieden sich nicht signifikant, alle $ps \geq .078$.

Bei den Analysen des **Geruchstyps** bewerteten Personen aus der KG die Leerproben der NsG und KöG nicht signifikant unterschiedlich, $p = .120$. Die Leerproben der NsG wurden jedoch von der ASS-Gruppe signifikant weniger vertraut eingeschätzt als die der KöG, $p < .001$. Bei den Analysen zum Geruchstyp wurden sowohl in der KG als auch in der ASS-Gruppe die NsG als signifikant vertrauter eingeschätzt als die KöG, alle $ps < .001$.

Die Durchschnittswerte der einzelnen Bewertungen, wie vertraut die Teilnehmenden die Gerüche empfanden, sind in Abbildung 12 dargestellt.

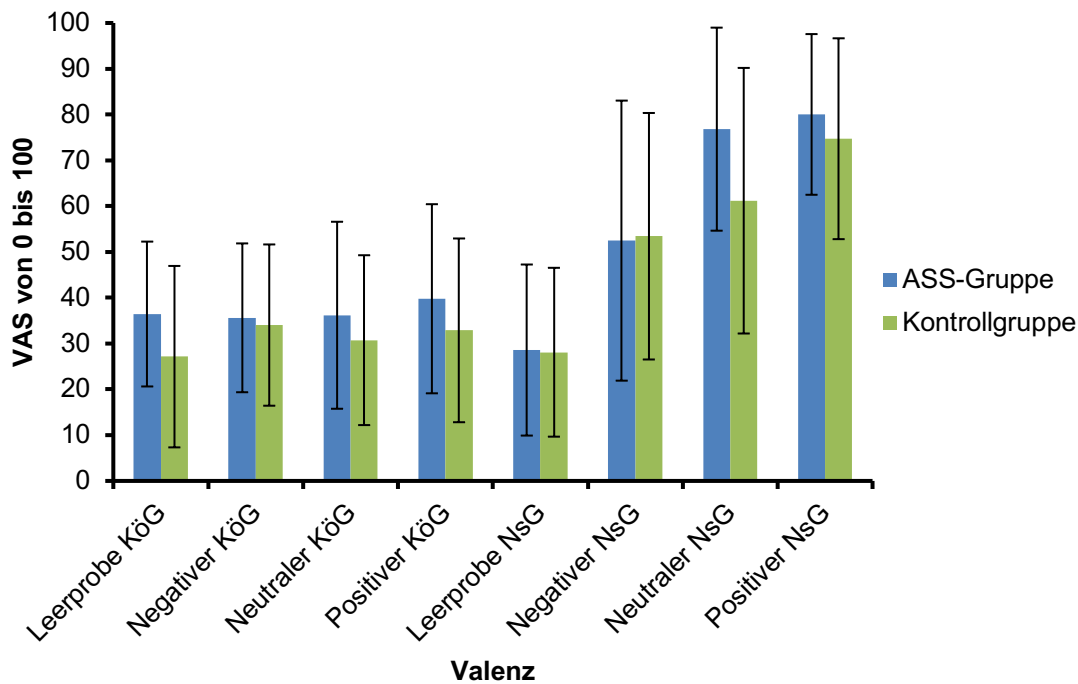


Abbildung 12 Durchschnittliche Vertrautheit der nicht-sozialen Gerüche (NsG) und Körpergerüche (KöG) nach Valenz und Gruppe

Anmerkung. Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung des Mittelwerts. VAS = Visuelle Analogskala. ASS = Autismus-Spektrum-Störung.

3.2.4.4 Annehmlichkeit

Bei der Auswertung der Annehmlichkeit zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt für Valenz, Wald $\chi^2(3, n = 1607) = 281.901, p < .001$, nicht jedoch für den Geruchstyp, Wald $\chi^2(1, n = 1607) = 0.145, p = .704$, oder die Gruppe, Wald $\chi^2(1, n = 1607) = 0.302, p = .582$. Es zeigte sich sowohl eine signifikante Interaktion zwischen Geruchstyp und Valenz, Wald $\chi^2(3, n = 1607) = 112.382, p < .001$, als auch zwischen Valenz und Gruppe, Wald $\chi^2(3, n = 1607) = 8.748, p = .033$. Die übrigen Interaktionen (Geruchstyp * Valenz * Gruppe, Geruchstyp * Gruppe) waren nicht signifikant, alle $ps \geq .279$. Der Effekt der Kovariate BDI-II-Summenwert auf die Geruchsbewertungen war nicht signifikant, Wald $\chi^2(1, n = 1607) = 1.153, p = .283$, wohingegen das Alter einen statistisch signifikanten Effekt aufwies, Wald $\chi^2(1, n = 1607) = 4.743, p = .029$, Regressionskoeffizient = -0.493 .

Bei den paarweisen Vergleichen der Interaktion **Geruchstyp * Valenz** ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Leerproben der NsG und der KöG, $p = .829$, als auch zwischen den neutralen NsG und KöG, $p = .062$. Die negativen KöG wurden signifikant angenehmer als die NsG bewertet, $p < .001$, wohingegen die positiven NsG angenehmer als die KöG eingeschätzt wurden, $p < .001$.

Hinsichtlich Geruchstyp * Valenz zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Valenzen der **NsG**, Wald $\chi^2(3) = 215.806$, $p < .001$. Innerhalb der NsG wurde der negative NsG weniger angenehm als die Leerprobe, als der neutrale NsG und der positive NsG bewertet, alle $ps < .001$. Die Leerprobe wurde signifikant weniger angenehm als der positive NsG bewertet, $p = .002$. Kein signifikanter Unterschied zeigte sich zwischen dem neutralen NsG und der Leerprobe sowie zwischen dem neutralen und dem positiven NsG, alle $ps \geq .093$. Es zeigte sich in den Analysen ein signifikanter Unterschied zwischen den **KöG**, Wald $\chi^2(3) = 8.676$, $p = .034$. In den paarweisen Vergleichen basierend auf den geschätzten Randmitteln bildete sich dies jedoch nicht ab, alle $ps \geq .073$.

Bei der Auswertung der Interaktion **Gruppe x Valenz** zeigt sich ein signifikanter Effekt der Valenz innerhalb beider Gruppen, KG: Wald $\chi^2(3) = 255.162$, $p < .001$, ASS: Wald $\chi^2(3) = 100.227$, $p < .001$. Sowohl in der KG als auch in der ASS-Gruppe wurden die negativen Gerüche signifikant weniger angenehm als die Leerproben, die positiven und die neutralen Gerüche bewertet, alle $ps < .001$. Von der KG wurde die Leerprobe weniger angenehm als der positive Geruch, $p = .018$, und nicht signifikant unterschiedlich zum neutralen bewertet, $p = 1.000$. Von der KG wurden die positiven Gerüche angenehmer als die neutralen eingeschätzt, $p = .003$. Personen mit ASS bewerteten die neutralen Gerüche angenehmer als die Leerproben, $p = .028$, die übrigen Gerüche wurden nicht signifikant unterschiedlich bewertet, alle $ps \geq .091$.

Die Durchschnittswerte der einzelnen Bewertungen, wie angenehm die Teilnehmenden die Gerüche empfanden, sind in Abbildung 13 dargestellt.

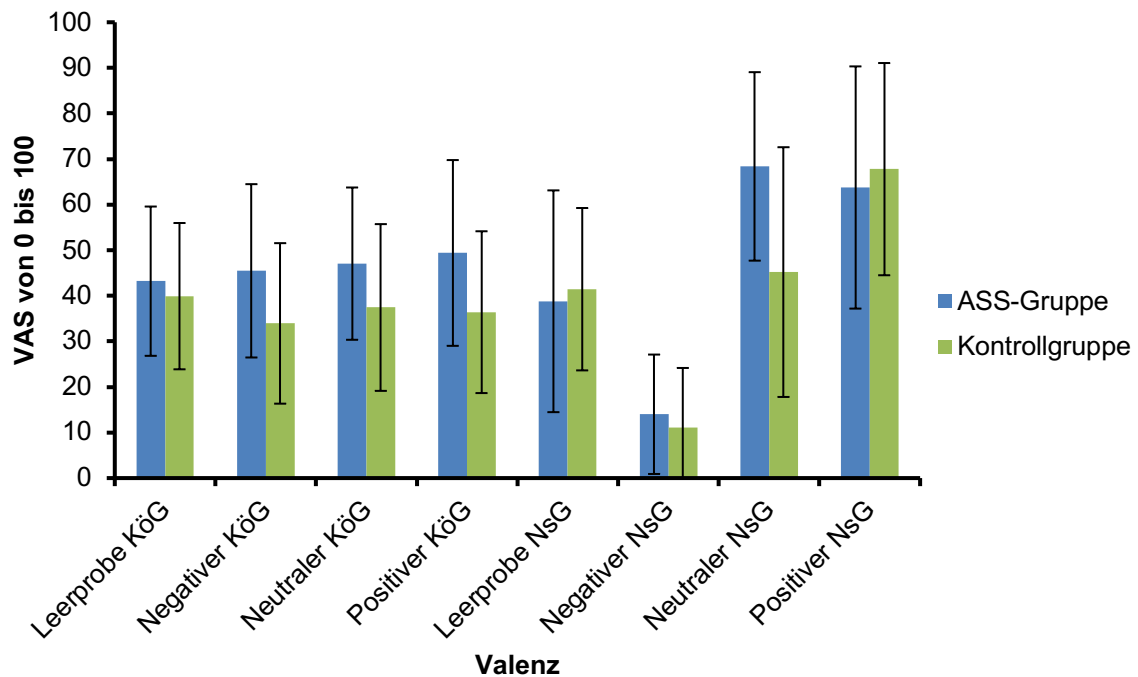


Abbildung 13 Durchschnittliche Annehmlichkeit der nicht-sozialen Gerüche (NsG) und Körpergerüche (KöG) nach Valenz und Gruppe

Anmerkung. Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung des Mittelwerts. VAS = Visuelle Analogskala. ASS = Autismus-Spektrum-Störung.

3.2.4.5 Identifikationsaufgabe

Generalisierte Schätzgleichungen wurden durchgeführt, um zu überprüfen, inwieweit die Faktoren Gruppe und Valenz (positiv, negativ, neutral und Leerprobe) einen Einfluss auf die richtige Identifikation eines Körpergeruchs (KöG) bzw. der Leerprobe hatten. Die Fallzahl ergibt sich aus der Gesamtzahl der Versuchspersonen ($n = 51$, davon 11 Personen der ASS-Gruppe) multipliziert mit den acht verschiedenen Gerüchen, welche präsentiert wurden. Es zeigte sich kein signifikanter Effekt der Gruppe, Wald $\chi^2(1, n = 408) = 0.219, p = .640$, und keine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Valenz, Wald $\chi^2(3, n = 408) = 2.710, p = .439$. Jedoch wurde ein signifikanter Effekt der Valenz deutlich, Wald $\chi^2(3, n = 408) = 16.008, p = .001$. In den paarweisen Vergleichen basierend auf den geschätzten Randmitteln zeigte sich, dass der negative KöG signifikant besser zugeordnet werden konnte als der positive, $p < .001$. Die übrigen Unterschiede waren nicht signifikant, $p \geq .062$. Alle vier Valenzen wurden von den Teilnehmenden häufiger falsch als richtig erkannt (70.59 % falsche

Zuordnungen, $n = 408$). Der negative KöG wurde von den vier Gerüchen mit 40.20 % am häufigsten richtig erkannt. Der Anteil der richtigen und falschen Identifikationen in Prozent je Valenz innerhalb der Gruppen wird in Abbildung 14 dargestellt.

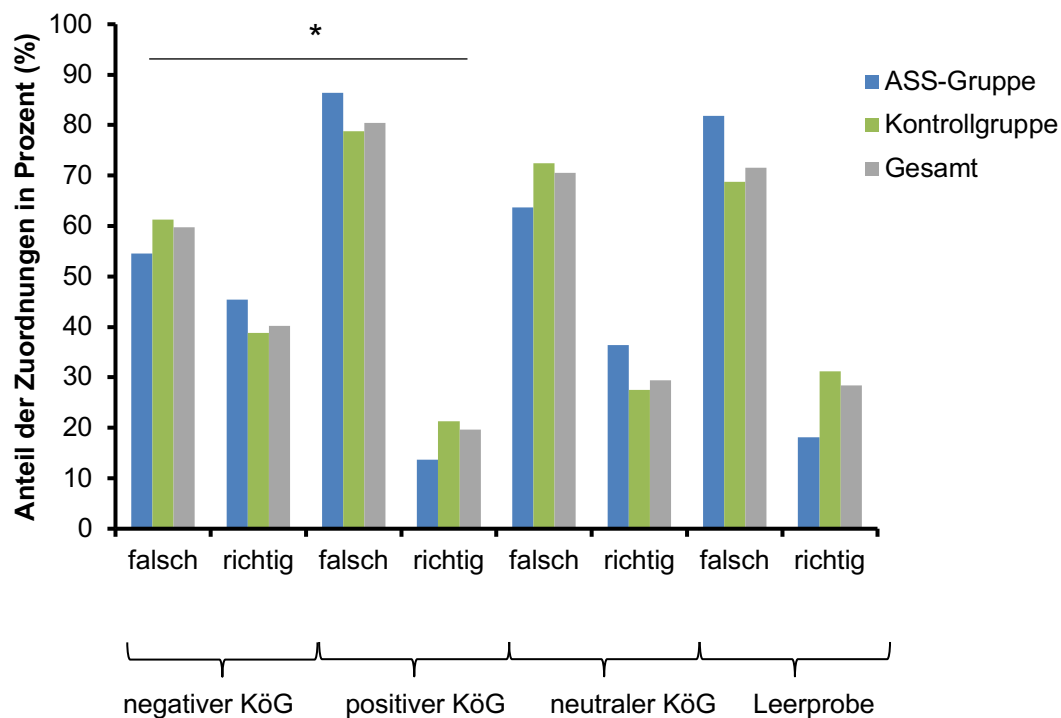


Abbildung 14 Ergebnisse der Identifikationsaufgabe. Richtige oder falsche Identifikationen von negativen, positiven, neutralen Körpergerüchen (KöG) oder Leerproben in Prozent der Zuordnungen innerhalb der Gruppen (ASS-, Kontrollgruppe oder gesamte Stichprobe)

Anmerkung. Jeder Geruch wurde zwei Mal präsentiert: bei den KöG jeweils ein weiblicher und ein männlicher jeder Valenz. ASS = Autismus-Spektrum-Störung.

* zeigt, dass der negative KöG signifikant besser zugeordnet werden konnte als der positive KöG, $p < .001$.

4 Diskussion

Erst seit kurzem ist bekannt, dass Körpergerüche als Überbringer sozialer Information an der menschlichen Kommunikation beteiligt sind und sowohl spezifische Charakteristika (Mitro, Gordon, Olsson, & Lundström, 2012; Penn et al., 2007) als auch dynamische Zustände (W. Zhou & Chen, 2009) vermitteln können (zusammengefasst in J. H. de Groot, Semin, & Smeets, 2017). In der vorliegenden Arbeit sollte durch Gewinnung und Präsentation von Körpergerüchen (KöG) und nicht sozialen Gerüchen (NsG) untersucht werden, ob Personen mit Autismus-Spektrum-Störung (ASS) NsG und KöG anders wahrnehmen als die neurotypische Vergleichsgruppe (Kontrollgruppe, KG). Außerdem sollte untersucht werden, ob sich NsG, KöG und auch die KöG untereinander in den subjektiven Bewertungen unterscheiden. Außerdem sollte getestet werden, ob die emotionale Valenz eines KöG (freudig, ängstlich, neutral) richtig identifiziert werden kann. Bei den NsG wurde die negative Valenz von Skatolgeruch, die positive von Rosengeruch und die neutrale von Grasgeruch repräsentiert. Dies stellt eine der wenigen Arbeiten dar, welche sich mit der kommunikativen Funktion menschlicher Chemosignale bei neurodiversen Personen beschäftigt.

4.1 Diskussion der Ergebnisse

4.1.1 Probengewinnung

4.1.1.1 War die Emotionsinduktion erfolgreich?

Die erfolgreiche Emotionsinduktion zeigte sich durch eine Verschiebung der Angaben zum subjektiven Befinden in Richtung der Zielemotion sowie durch Gewichtsveränderungen der axillaren Kompressen nach dem Abspielen der Filme. Hinsichtlich des Kompressengewichts konnte in den vorliegenden Ergebnissen die größte Gewichtszunahme durch die Horrorfilme, gefolgt von den Komödien und den Dokumentarfilmen erzielt werden. Das Erleben von Angst löst eine gesteigerte katecholamingesteuerte Schweißsekretion aus (J. H. B. de Groot et al., 2020; Harker, 2013) und korreliert so mit dem Kompressengewicht. Passend zu dieser Annahme konnte während der negativen Emotionsinduktion

am meisten Schweiß und während der neutralen am wenigsten Schweiß gesammelt werden. Der Unterschied zwischen diesen Konditionen zeigte sich signifikant und spricht somit für eine erfolgreiche Emotionsinduktion. Die Ergebnisse decken sich mit den Untersuchungen von Gomes et al. (2020), bei denen jedoch nur ein neutraler und negativer emotionaler Zustand induziert wurde. Die negative und positive Emotionsinduktion unterschied sich in der vorliegenden Studie nicht signifikant. Auch diese Ergebnisse passen zu einer früheren Studie von J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al. (2015), welche keine signifikanten Unterschiede der Schweißproduktion zwischen der positiven und negativen emotionalen Induktion feststellen konnten. Betrachtet man jedoch nur die Mittelwerte, produzierten die Teilnehmenden bei J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al. (2015) in den negativen und positiven Konditionen am meisten Schweiß. Dies konnte auch im vorliegenden Experiment festgestellt werden und passt dazu, dass sich zwischen der positiven und neutralen Emotionsinduktion ein Trend zu einer größeren Schweißproduktion während der positiven Session zeigte. Außerdem sekretierten die männlichen Probanden in den Sessions mit Horrorfilmen und Komödien zwar im Mittel mehr Schweiß, indem die Kompressen schwerer waren als die der weiblichen Teilnehmenden, die Gewichtsunterschiede waren jedoch in keiner der drei Konditionen signifikant. Diese Ergebnisse passen zu einer Untersuchung von J. H. de Groot, Semin, und Smeets (2014a), bei der die Schweißproduktion nicht signifikant vom Geschlecht abhängig war. Jedoch stehen diese Ergebnisse zum Teil im Widerspruch zur bisherigen Literatur, bei der überwiegend von einer gesteigerten Schweißproduktion bei Männern ausgegangen wird (Green, Bishop, Muir, & Lomax, 2000). Das erklärt auch, weshalb in vielen Studien überwiegend Männer als Spender für KÖG rekrutiert wurden (zusammengefasst in Calvi et al., 2020; J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al., 2015). Dieser Aspekt sollte in zukünftigen Studien berücksichtigt werden und es sollten beide Geschlechter in die Untersuchungen eingebunden werden.

Derzeit ist noch unklar, welche Komponenten für die Übertragung eines emotionalen Chemosignals verantwortlich sind. In der Studie von Smeets et al. (2020) konnte herausgearbeitet werden, dass sich die volatilen Bestandteile des

ängstlichen KöG deutlich von neutralem KöG unterscheiden. Bei freudigem KöG zeigten sich jedoch Überschneidungen der chemischen Komponenten (Smeets et al., 2020). Um eine erfolgreiche Emotionsinduktion aus biochemischer Sicht zu beweisen, müsste man die Zusammensetzung des Schweißes unter verschiedenen Filmkonditionen auf molekularer Ebene untersuchen, zum Beispiel mittels Massenspektrometrie. Aufgrund des hohen technischen Aufwands war dies an dieser Stelle jedoch nicht möglich und auch nicht zielführend.

Neben dem Gewicht wurde auch das subjektive Befinden der Teilnehmenden während der Filme ausgewertet. Bei den Horrorfilmen zeigte sich, wie zu erwarten, eine signifikante Zunahme der negativen und eine Abnahme der positiven Emotion. Bei den Komödien wurde eine signifikante Abnahme der negativen Emotion bei gleichzeitiger Zunahme der positiven Emotion deutlich. Bei den Dokumentarfilmen zeigte sich eine signifikante Abnahme der negativen Emotion, jedoch keine signifikante Veränderung der Freude. Dies ist, wie zu erwarten, im Sinne einer neutralen Emotion in Abgrenzung zur positiven zu werten. Zusätzlich wird die Annahme einer effektiven Emotionsinduktion dadurch gestützt, dass die Mehrzahl der Teilnehmenden die Komödien als die angenehmste Session und die Horrorfilme als die unangenehmste Session empfand.

4.1.2 Geruchspräsentation

4.1.2.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

In den Ergebnissen zeigte sich, dass Personen mit ASS alle Gerüche, sowohl NsG als auch KöG, generell intensiver wahrnahmen. Jedoch wurden die KöG von Personen mit ASS weniger erregend eingeschätzt. Es ergaben sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich der Vertrautheit und Annehmlichkeit der Gerüche. Außerdem wurde der neutrale NsG weniger erregend von der ASS-Gruppe bewertet.

Von der KG wurden die KöG intensiver als die Leerproben eingeschätzt, die anderen KöG wurden jedoch nicht unterschiedlich intensiv wahrgenommen. Der negative KöG zeigte sich erregender als der neutrale und die Leerprobe. Die

restlichen KöG unterschieden sich bezüglich der Erregung nicht voneinander. Hinsichtlich der Annehmlichkeit und Vertrautheit zeigten sich keine Unterschiede der KöG. In der ASS-Gruppe wurden die Leerproben und KöG hinsichtlich der Intensität, Erregung, Annehmlichkeit und Vertrautheit nicht unterschiedlich bewertet.

In der KG zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den NsG und KöG, indem die NsG eine höhere Intensität, Erregung und Vertrautheit als die KöG aufwiesen. Der negative NsG (Skatol) wurde weniger angenehm als der negative KöG und der positive NsG (Rose) angenehmer als der positive KöG bewertet. Zwischen dem neutralen NsG (Gras) und dem neutralen KöG zeigte sich kein Unterschied. Personen mit ASS zeigten ähnliche Ergebnisse, außer, dass der positive NsG gleich erregend wie der positive KöG und die Leerproben der NsG intensiver und weniger vertraut als die der KöG bewertet wurden.

Bei den Analysen der Valenzen der NsG (Rose, Gras, Skatol) wurde deutlich, dass der neutrale Geruch intensiver als der negative Geruch und erregender als der positive Geruch von der KG eingeschätzt wurde. Jedoch wurde der negative NsG, wie zu erwarten, erregender als der positive eingeschätzt und, im Sinne eines Trends, erregender als der neutrale. Auch bei Personen mit ASS zeigten sich beim neutralen NsG auffällige Ergebnisse: der neutrale NsG wurde intensiver und gleich erregend wie der positive NsG eingeschätzt. Hinsichtlich der Vertrautheit wurde der positive NsG vertrauter als die anderen NsG bewertet. Wie zu erwarten wurde Skatol weniger angenehm als die übrigen NsG eingeschätzt, hingegen wurden Rose und Gras als gleich angenehm bewertet. Bei Personen mit ASS zeigte sich kein Unterschied der Vertrautheit zwischen den NsG.

Bei der Identifikationsaufgabe der KöG konnte der negative KöG signifikant besser zugeordnet werden als der positive KöG. Die Zuordnung war insgesamt jedoch, wie zu erwarten, häufiger falsch. Es zeigten sich keine Gruppenunterschiede.

4.1.2.2 Körpergerüche

In der KG zeigten sich Intensitätsunterschiede zwischen den Leerproben und den KöG, wohingegen die KöG selbst nicht signifikant unterschiedlich intensiv bewertet wurden. Ähnliche Resultate wurden auch in anderen Experimenten erzielt, bei denen keine Intensitätsunterschiede zwischen den verschiedenen KöG deutlich wurden (J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al., 2015; Ferreira et al., 2018; Rocha et al., 2018; W. Zhou & Chen, 2009). Auch bei J. H. de Groot et al. (2014b) zeigten sich keine Unterschiede der Intensität und Annehmlichkeit zwischen neutralem und ängstlichem KöG. Hierbei wurden jedoch nur Proben zweier Valenzen von männlichen Spendern einer rein weiblichen Stichprobe präsentiert. Weiterführende geschlechtsspezifische Analysen könnten untersuchen, ob sich ein geschlechtsabhängiger Unterschied zeigt, wie es sich in bisherigen Studien bereits abgezeichnet hat (J. H. de Groot et al., 2014a), indem Frauen stärker auf Angstschweiß reagieren. In der Arbeit von W. Zhou und Chen (2009) konnte, wie auch in der vorliegenden Studie, ein Intensitätsunterschied zwischen Leerprobe und negativem KöG festgestellt werden. Das deutet darauf hin, dass für die KG die Änderung der Intensität durch den Schweißgehalt bemerkt wurde und damit die menschlichen Chemosignale wahrnehmbar waren, aber die KöG nicht anhand ihrer Intensität zu unterscheiden waren.

Nach Bensafi et al. (2002) weist die Erregung zwei Dimensionen auf, nämlich die appetitive und die defensive. In diesem Sinne geht auch die Annehmlichkeit in den Extremen mit einer erhöhten Erregung einher, womit „unangenehm“ und „angenehm“ gemeint ist (Toet et al., 2020). In der Studie von Lenochová et al. (2012) wurden KöG bezüglich der Annehmlichkeit im neutralen bis leicht negativen Bereich eingeordnet (zusammengefasst in Ferreira et al., 2018). In den vorliegenden Analysen wurde der Angstgeruch von der KG signifikant erregender als der neutrale KöG und die Leerprobe bewertet. Bezüglich der Annehmlichkeit zeigten sich jedoch keine Unterschiede zwischen den KöG, wodurch die gesteigerte Erregung nicht allein auf einen unangenehmen Sinneseindruck zurückzuführen ist. Dies bedeutet, dass der negative KöG zu einer gesteigerten Erregung führte und von der KG anders als die übrigen KöG wahrgenommen

wurde. Das unterstreicht die bereits bekannte Sonderstellung menschlicher Chemosignale im Kontext von Angstreaktionen. Ängstlicher KöG scheint nicht nur ängstliche Gesichtsausdrücke zu provozieren (J. H. de Groot et al., 2014b; J. H. de Groot et al., 2012) sondern auch Stressreaktionen zu begünstigen (Rocha et al., 2018). Bei W. Zhou und Chen (2009) zeigte sich nur durch ängstlichen KöG, nicht jedoch durch freudigen, eine Verstärkung der visuellen Wahrnehmung einer Emotion. Dies erklären die Autoren in der geringeren evolutionären Bedeutung eines freudigen bzw. positiven Chemosignals für das Überleben einer Spezies (W. Zhou & Chen, 2009). Das passt zu den vorliegenden Ergebnissen, bei denen lediglich der negative KöG eine größere Erregung als die Leerprobe und als der neutrale KöG hervorrief. Der positive KöG unterschied sich jedoch bezüglich der Erregung nicht von den anderen KöG. In ihrer Arbeit zeigten J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al. (2015), dass die Wahrnehmung von positivem KöG einen freudigen Gesichtsausdruck provozieren kann. Diese Beobachtung war jedoch unabhängig von den subjektiven Bewertungen und führte nicht zu einer veränderten Wahrnehmung von Symbolen im Sinne einer positiven Emotion (J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al., 2015). Die These der Sonderstellung von negativem KöG ist auch aus biochemischer Sicht haltbar. Bei den Analysen von Smeets et al. (2020) unterschied sich der negative KöG deutlich von neutralem KöG, wohingegen der freudige KöG chemische Bestandteile der anderen KöG aufwies.

Es hat sich gezeigt, dass die Vertrautheit positiv mit der Annehmlichkeit korreliert (Distel et al., 1999). Bezüglich der Vertrautheit und Annehmlichkeit der Gerüche zeigten sich keine Unterschiede zwischen der ASS- und der KG. So wurden in beiden Gruppen die NsG vertrauter als die KöG eingeschätzt. Ein Erklärungsansatz hierfür ist, dass die Gerüche Gras, Rose und Skatol leicht identifiziert werden können und mit vielen Assoziationen verknüpft sind. Im Gegensatz dazu werden KöG eher unbewusst verarbeitet (B. M. Pause, 2012). Diese Annahme passt auch dazu, dass die Leerproben nicht von den KöG hinsichtlich ihrer Vertrautheit und Annehmlichkeit unterscheidbar waren. Bei axillarem KöG nimmt die Annehmlichkeit mit zunehmender Intensität ab (R. L. Doty et al., 1978). Axillarer KöG wird überwiegend von apokrinen Schweißdrüsen

produziert und ist primär geruchlos, bis es vom Mikrobiom verstoffwechselt wird (James et al., 2013). Dies sollte durch Hygienemaßnahmen bei der Probengewinnung weitgehend reduziert werden, um einen unangenehmen und damit intensiven Geruchseindruck zu verhindern. Aus diesem Grund war erwartbar, dass die NsG deutlich intensiver und erregender als die KöG von beiden Gruppen bewertet wurden. Passend dazu wurde der negative und positive NsG weniger angenehm bzw. angenehmer als die jeweiligen KöG aufgrund der stärkeren Geruchsintensität interpretiert. Diese korreliert in den Extremen mit der Annehmlichkeit positiv bzw. negativ (zusammengefasst in Bensafi et al., 2002; Distel et al., 1999; Moskowitz, Dravnieks, & Klarman, 1976). Auffällig war, dass die Leerproben des Blockes mit NsG von der ASS-Gruppe als intensiver bewertet wurden als die Leerproben der KöG. Das könnte für eine Kontrastverstärkung durch eine zeitlich assoziierte Präsentation intensiver Gerüche sprechen und ist somit ein Hinweis, dass schwache Gerüche, welche in zeitlicher Abfolge mit starken Geruchsreizen präsentiert werden, intensiver und weniger vertraut von Personen mit ASS wahrgenommen werden. Bezüglich der Erregung zeigte sich dieses Phänomen jedoch nicht.

4.1.2.3 Olfaktorik bei ASS

Hinsichtlich der Intensität wurden sowohl die Leerproben als auch die einzelnen KöG von der ASS-Gruppe nicht signifikant unterschiedlich wahrgenommen. Dieses Muster wiederholt sich auch bei den Bewertungen der Erregung, Vertrautheit und Annehmlichkeit. Die Tatsache, dass die ASS-Gruppe nicht zwischen Leerprobe und KöG unterscheiden konnte, könnte für eine erniedrigte Sensitivität für menschliche Chemosignale bei Personen mit ASS sprechen oder auch bedeuten, dass KöG für Personen mit ASS nicht detektierbar sind. Diese Annahme wird auch durch die Analysen der Erregung gestützt. Obwohl es Hinweise darauf gibt, dass die Intensität mit der Erregung positiv korreliert (Bensafi et al., 2002) und alle Gerüche von Personen mit ASS in den Analysen intensiver wahrgenommen wurden, empfand die ASS-Gruppe die KöG weniger erregend im Vergleich zur KG. Dies spricht dafür, dass die Wahrnehmung von KöG eine emotionale Reaktion bei der KG bewirkt, nicht jedoch bei der ASS-Gruppe.

Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu bisherigen Untersuchungen. In der Arbeit von Endevelt-Shapira et al. (2018) wurden Angstgerüche von beiden Gruppen als weniger angenehm und intensiver bewertet als der neutrale KöG, hier zeigte sich somit kein Unterschied zwischen ASS- und KG. Die Ergebnisse dieser Studie suggerieren, dass KöG durchaus von Personen mit ASS detektiert werden können. Zu berücksichtigen ist, dass dies nach umfassenden Recherchen die einzige Studie ist, welche sich mit der Reaktion auf KöG bei erwachsenen Personen mit ASS beschäftigt. Ein Unterschied zur vorliegenden Studie ist, dass bei Endevelt-Shapira et al. (2018) Angstschweiß durch eine reale Situation (Fallschirmspringen) induziert wurde und ausschließlich männlicher KöG ($n = 8$) einer im Vergleich jüngeren Stichprobe präsentiert wurde, was ein stärkeres chemosensorisches Angstsignal generieren könnte. Männlicher KöG scheint intensiver als weiblicher wahrgenommen zu werden (R. L. Doty et al., 1978; Pavlina Lenochova & Havlicek, 2008). Obwohl die Stichprobengröße vergleichbar war ($n = 15$ in der ASS-Gruppe), wurden die Gerüche nur von Männern bewertet und nicht von beiden Geschlechtern, wie in der vorliegenden Studie.

Ein alternativer Erklärungsansatz für eine verminderte Wahrnehmung von KöG bei ASS wäre auch eine reduzierte Fähigkeit zur Geruchswahrnehmung im Allgemeinen, wie sie sich bei den Untersuchungen von Dudova et al. (2011) bei Personen mit ASS zeigte. Hier wiesen Kinder mit ASS (Hochfunktionaler Autismus, Asperger-Syndrom) eine eingeschränkte Geruchsschwellentestung auf. Jedoch spricht dagegen, dass alle Gerüche (NsG und KöG) von der ASS-Gruppe intensiver und nur KöG und der neutrale NsG weniger erregend empfunden wurden. Um die mangelnde Wahrnehmung der KöG durch eine generell eingeschränkte Riechperformance zu erklären, müssten sich die Gruppenunterschiede auch auf die NsG auswirken. Ob Personen mit ASS eine Einschränkung des Geruchssinnes aufweisen, wird in der Literatur noch kontrovers diskutiert (zusammengefasst in Boudjarane et al., 2017). Denkbar wäre auch, dass Aberrationen der Geruchswahrnehmung und -verarbeitung von der Einordnung der Betroffenen im Spektrum abhängig sind. So weisen Studien zur Olfaktorik nicht nur bezüglich der Stichprobenszusammensetzung, sondern

auch in der Methodik erhebliche Unterschiede auf. Das könnte die unklare Studienlage zur Olfaktorik bei Personen mit ASS als auch die Diskrepanzen zwischen der Studie von Endevelt-Shapira et al. (2018) und den aktuellen Ergebnissen erklären. Da zur besseren Interpretation der Geruchsbewertungen bei der KG Personen mit stark eingeschränktem Geruchssinn im Voraus ausgeschlossen wurden, sind die Gruppenunterschiede zur Riechleistung in der vorliegenden Studie nicht auf die Allgemeinheit übertragbar. Bei der Auswertung des Sniffin' Sticks Tests zeigte sich sowohl in den Summenwerten als auch in den Einzeltestungen eine signifikant bessere Riechperformance der KG im Vergleich mit der ASS-Gruppe. Passend zu den vorliegenden Ergebnissen fanden Suzuki, Critchley, Rowe, Howlin, und Murphy (2003) heraus, dass Personen mit ASS bei der Geruchsidentifikation signifikant schlechtere Werte erzielten. In der Studie von Galle, Courchesne, Mottron, und Frasnelli (2013), bei der vor allem junge Erwachsene untersucht wurden, ergaben sich zum Teil konträre Ergebnisse. Bei den niederen kognitiven Leistungen, wie der Geruchsdiskrimination und Schwellentestung, zeigten sich keine Unterschiede zwischen der KG und der Autismus- bzw. Aspergergruppe (Galle et al., 2013). Im Bereich der höheren Leistungen, welche z. B. von sprachlichen Fähigkeiten abhängig sind (Hedner, Larsson, Arnold, Zucco, & Hummel, 2010), zeigte sich bei autistischen Personen eine verminderte Identifikationsleistung im Vergleich mit der Asperger- und KG; zwischen der Asperger- (AS) und KG zeigte sich dieser Unterschied jedoch nicht (Galle et al., 2013). In der Studie von Galle et al. (2013) erfolgte die Zuteilung zur Gruppe der autistischen Personen und AS-Gruppe anhand der Entwicklung der sprachlichen Fähigkeiten, mit höherem sprachlichen Funktionsniveau bei AS. Zu berücksichtigen ist, dass diese Studie eine sehr kleine Stichprobe aufweist und die Riechperformance durch eine andere Testmethode, wie im vorliegenden Experiment verwendet, überprüft wurde (Geruchsidentifikationstest der Universität von Pennsylvania). Ähnliche Ergebnisse erzielten auch T. Tavassoli und S. Baron-Cohen (2012). Bei vorliegender Methodengleichheit zur vorliegenden Studie und größerer Stichprobe wichen die Werte der Schwellentestung bei Personen mit ASS nicht signifikant von der KG ab (T. Tavassoli & S. Baron-Cohen, 2012). Bei allen zuvor

genannten Studien wurden überwiegend junge Erwachsene untersucht. Es wird jedoch vermutet, dass sich die Riechperformance mit dem Alter bei Personen mit ASS verschlechtert (Richard L Doty et al., 1984). Da in der vorliegenden Studie die ASS-Gruppe ein höheres Alter aufwies, war eine leicht reduzierte Riechperformance erwartbar. Aus diesem Grund wurde das Alter als Kovariate in die statistischen Analysen mitaufgenommen. Hier zeigte sich lediglich bei der subjektiven Bewertung der Erregung und Annehmlichkeit ein signifikanter Effekt, dahingehend, dass die Erregung mit dem Alter zunimmt und die Annehmlichkeit mit zunehmendem Alter abnimmt. Die Gruppenunterschiede in den vorliegenden Ergebnissen sind dem jedoch entgegengesetzt. Somit erklärt das höhere Alter der ASS-Gruppe nicht die verringerte Einschätzung der Erregung der KöG durch die ASS-Gruppe.

Da sich in vielen Arbeiten bereits abgezeichnet hat, dass Personen mit ASS Probleme haben, ihre Aufmerksamkeit zu regulieren (Orekhova & Stroganova, 2014), wäre es möglich, dass für Personen mit ASS durch eine schnelle Abfolge der Gerüche die Änderungen der Außenreize im vorliegenden Versuchsablauf nicht wahrnehmbar waren. Eine Unterscheidung der Proben mit und ohne KöG wäre so für Personen mit ASS erschwert gewesen. Auch dies könnte die Diskrepanz zwischen Endevelt-Shapira et al. (2018) und den vorliegenden Ergebnissen erklären, indem in der vorliegenden Studie eine höhere Anzahl an Gerüchen in kurzer Zeit präsentiert wurde. Es sollte in zukünftigen Studien untersucht werden, ob die Dauer der Reizeinwirkung und die zeitliche Abfolge bei der Geruchspräsentation verändert werden muss, um eine Wahrnehmung von KöG für Personen mit ASS zu gewährleisten.

Unter Erregung wird im Rahmen der zugrunde liegenden Analysen überwiegend die emotionale Komponente des Erlebens eines Geruchs verstanden, welche mit Änderungen der Physiologie einhergehen kann. Um zu klären, ob Personen mit ASS KöG unbewusst wahrnehmen und ob physiologische Prozesse dadurch verändert werden, sind objektive apparative Daten notwendig. Deshalb wurden die physiologischen Reaktionen auf KöG in der vorliegenden Studie durch Pereira, Noll et al. (2023) untersucht. Hier zeigen sich Unterschiede bei der Präsentation von KöG in der EMG und im EKG zwischen den Gruppen, indem

eine veränderte physiologische Reaktion auf KöG bei Personen mit ASS im Vergleich zur KG deutlich wurde (Pereira, Noll et al., 2023). Dies spricht für eine dysfunktionale Verarbeitung von KöG bei ASS und ist passend dazu, dass Personen mit ASS KöG weniger erregend als die KG empfanden. Die Ergebnisse sind kongruent zu bisherigen Studien, welche eine veränderte physiologische Reaktion auf Geruchsreize bei Personen mit ASS aufzeigen, z. B. durch eine veränderte elektrodermale Aktivität (Endevelt-Shapira et al., 2018) und Riechantwort (Rozenkrantz et al., 2015). In der Studie von Endevelt-Shapira et al. (2018) zeigte sich keine erhöhte elektrodermale Aktivität auf Angstgeruch bei Personen mit ASS im Gegensatz zur neurotypischen Vergleichsgruppe. Die ASS-Gruppe vertraute außerdem am meisten dem Symbol (menschliche Figur) mit Angstgeruch und nicht, wie zu erwarten, dem Symbol mit Kontrollgeruch, wie es in der neurotypischen Vergleichsgruppe der Fall war (Endevelt-Shapira et al., 2018). Sowohl die Ergebnisse von Endevelt-Shapira et al. (2018) als auch die der vorliegenden Studie sprechen für eine dysfunktionale Geruchsverarbeitung von KöG bei Personen mit ASS. Dem gegenüber stehen Untersuchungen zur Rolle von KöG bei Kindern mit ASS im Kontext der Mutter-Kind-Beziehung. Hier zeigte sich, dass eine Exposition von mütterlichem KöG das automatische Imitieren, welches bei ASS typischerweise eingeschränkt sein kann, induziert (V. Parma et al., 2013, 2014). Diese Ergebnisse sprechen für eine unbewusste Wahrnehmung und Verarbeitung von KöG, jedoch nur bezogen auf den mütterlichen KöG. Bei fremdem KöG zeigte sich dieses Verhalten nicht (V. Parma et al., 2013, 2014). So ist es möglich, dass sich die Wahrnehmung von KöG bei ASS lediglich auf vertraute Personen bzw. die Mutter beschränkt.

Auffällig ist, dass sowohl die NsG als auch die KöG von Personen mit ASS signifikant intensiver wahrgenommen wurden. Dies wurde auch von Grave, Noll et al. (2021) auf Basis der in dieser Dissertation zugrunde liegenden Stichprobe gezeigt. Es wurden jedoch in dieser Arbeit keine Unterschiede bei den Bewertungen der KöG zwischen der ASS- und KG deutlich (Grave, Noll et al., 2021). In dieser Arbeit wurden jedoch weniger Personen z. B. aufgrund entzündlicher Vorerkrankungen ausgeschlossen und die Daten wurden mit linearen gemischten Modellen analysiert. Die gesteigerten Intensitäts-

bewertungen passen zur Hypothese der olfaktorischen Hypersensitivität bei ASS, welche durch die Untersuchungen von Ashwin et al. (2014) gestützt wird. Hier zeigte sich eine positive Korrelation zwischen der Ausprägung autistischer Züge und der olfaktorischen Sensitivität bei einer rein männlichen Stichprobe (Ashwin et al., 2014). Bei Galle et al. (2013) zeigten sich jedoch keine Unterschiede der Intensitätsbewertungen zwischen Personen mit ASS und den neurotypischen Kontrollen. Es ist zu beachten, dass die Studienlage diesbezüglich sehr heterogen ist und wenige Studien mit gleicher Methodik vorliegen. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie sprechen zwar für eine allgemeine olfaktorische Hypersensitivität bei Personen mit ASS, jedoch auch für eine dysfunktionale Verarbeitung von KÖG im Sinne einer reduzierten Erregung bei ASS. Bei Personen mit ASS wurden bereits Unterschiede in mehreren sensorischen Bereichen beschrieben, so z. B. bei der Verarbeitung von visuellen (Simmons et al., 2009), auditorischen (Bonnell et al., 2003) und gustatorischen (Teresa Tavassoli & Simon Baron-Cohen, 2012) Reizen. Lane, Young, Baker, und Angley (2010) fanden bei Personen mit ASS heraus, dass die Schwierigkeiten in der sozialen Interaktion mit den sensorischen Einschränkungen korrelieren. Bei ASS ist bekannt, dass die sozialen (Constantino, 2011) und die sensorischen Einschränkungen (Crane, Goddard, & Pring, 2009) innerhalb der Gruppe stark variieren. Damit liegt nahe, dass verallgemeinernde Aussagen über den Geruchssinn bei Personen mit ASS nicht möglich sind und hinsichtlich des Charakters der Erkrankung nicht eindimensional betrachtet werden können. Es ist denkbar, dass die olfaktorische Verarbeitung abhängig von der Einordnung im Spektrum ist und gegebenenfalls von der Funktion anderer Sinne abhängt. Somit könnte eine Einteilung der Personen mit ASS in sensorische Untergruppen in zukünftigen Studien notwendig sein. Beispielsweise wurden in der Arbeit von Lane, Molloy, und Bishop (2014) vier Subtypen unter den Teilnehmenden mit ASS herausgearbeitet. Diese unterschieden sich nicht nur in der Schwere der sensorischen Einschränkung, sondern berücksichtigten auch mehrere sensorische Bereiche (Lane et al., 2014). In dieser Arbeit wies ein Großteil der Kinder (37 %) keine wesentlichen sensorischen Einschränkungen auf (Lane et

al., 2014). Dies steht im Widerspruch zu anderen Arbeiten mit einem Anteil von 94 % der Kinder mit sensorischen Atypien (Tomchek & Dunn, 2007). Bei Crane et al. (2009) zeigten 94.4 % der erwachsenen Personen mit ASS ausgeprägte sensorische Atypien. In dieser Studie wiesen die Teilnehmenden jedoch eine erhebliche Variabilität innerhalb der Gruppe auf. In der Studie von Tavassoli, Miller, Schoen, Nielsen, und Baron-Cohen (2014) mit einer großen Stichprobe (ASS: $n = 221$) zeigte sich eine gesteigerte sensorische Reaktivität in verschiedenen Modalitäten (visuell, auditorisch, taktil, olfaktorisch, gustatorisch und propriozeptiv), welche unter anderem mit der Ausprägung autistischer Züge korrelierte. Wie groß der Anteil der Betroffenen mit sensorischen Atypien unter den Personen mit ASS tatsächlich ist und ob die Vermutung eines veränderten Geruchssinns auf Personen mit ASS insgesamt oder nur auf spezielle Subgruppen zutrifft, bleibt noch offen.

4.1.2.4 Nicht-soziale Gerüche

Um gleiche Ausgangsbedingungen für weitere Interpretationen zu schaffen, wurde die Intensität der drei NsG angepasst und mit einer Pilotstudie überprüft. Jedoch zeigte sich im Nachgang bei den Ergebnissen der subjektiven Bewertungen, dass die neutrale Probe, welche durch den Grasgeruch dargestellt wurde, von der KG intensiver als die negative Probe eingeschätzt wurde. Die übrigen Gerüche wurden in ihrer Intensität gleich stark wahrgenommen, was für eine erfolgreiche Anpassung der Konzentrationen der anderen Gerüche spricht. Trotz der Befürchtung, dass beim neutralen NsG die Annehmlichkeit mit zunehmender Intensität eines Geruchs abnehmen könnte (R. L. Doty et al., 1978), wurde dieser Geruch nicht als weniger angenehm als der negative eingeschätzt. Somit liegt der Grasgeruch bezüglich der Annehmlichkeit, wie zu erwarten, zwischen dem positiven und negativen Geruch. Auch die neutralen KöG und NsG wurden nicht unterschiedlich angenehm empfunden. Dies spricht für eine neutrale Valenz des Grasgeruchs bezüglich der Annehmlichkeit. Der neutrale NsG wurde erregender als der positive empfunden und nicht signifikant unterschiedlich erregend zum negativen NsG. Dies passt dazu, dass die Erregung mit der Intensität korreliert (Bensafi et al., 2002). Diese Ergebnisse sprechen gegen den neutralen Charakter des verwendeten Grasgeruchs

bezüglich der Intensität und Erregung. Für zukünftige Studiendesigns sollte die Konzentration des Grasgeruchs, welche eine Rolle für die wahrgenommene Intensität spielt (Bontempi, Jacquot, & Brand, 2021), reduziert werden oder ein anderer neutraler Duftstoff wie z. B. Holz ausgewählt werden. Von der ASS-Gruppe wurde der Grasgeruch weniger erregend im Vergleich zur KG, jedoch intensiver als der Rosengeruch wahrgenommen. Bei den übrigen NsG zeigte sich kein Unterschied der Erregung zwischen der ASS- und KG, analog zu den Untersuchungen von Galle et al. (2013). Hier wurde kein Gruppenunterschied hinsichtlich der Intensität, Vertrautheit und Annehmlichkeit von NsG (u.a. Rosenduft) deutlich (Galle et al., 2013). Die Bewertungen zum Grasgeruch bei ASS könnten auf eine fehlerhafte Methodik bezüglich der Neutralität des Grasgeruchs und somit auf eine Limitation der Studie hinweisen. Möglich wäre auch, dass die Bewertungen des Grasgeruchs auf eine abweichende Erregung bei Personen mit ASS zurückzuführen sind. Dies wäre passend, da auch die KöG eine reduzierte Erregung bei gleichzeitig gesteigerten Intensitätsbewertungen bei Personen mit ASS hervorriefen. Es gibt Hinweise für eine gestörte Regulation der Erregung und Aufmerksamkeit bei der Verarbeitung von sensorischem Input bei Personen mit ASS, wobei die Erregung sowohl reduziert als auch gesteigert sein kann (Hirstein, Iversen, & Ramachandran, 2001; zusammengefasst in Orekhova & Stroganova, 2014). Die Beantwortung der Frage, ob Personen mit ASS im Allgemeinen veränderte Erregungslevel aufweisen oder dies vielleicht nur Geruchsbewertungen betrifft, ist auf Basis aktueller Forschungsergebnisse noch nicht möglich.

4.1.2.5 Identifikationsaufgabe der Körpergerüche

Es zeigte sich, dass die Zuordnung der KöG zu den einzelnen Qualitäten (positiv, negativ, neutral oder Leerprobe) häufiger falsch als richtig erfolgte. Auch bei J. H. de Groot et al. (2014b) waren die Teilnehmenden nicht in der Lage, den neutralen KöG von negativem zu unterscheiden. Das passt zu der Annahme, dass KöG nicht bewusst verarbeitet wird (J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al., 2015; B. M. Pause, 2012). Zusätzlich erfolgt die neuronale Verschaltung von Geruchsreizen primär unter Umgehung des Thalamus, dem „Tor zum Bewusstsein“, und wird erst danach durch andere Hirnstrukturen mit diesem

verbunden (Hick & Hick, 2013; Seubert et al., 2017). KöG scheinen nicht wie andere Geruchsreize verarbeitet zu werden, sondern werden in spezifischen neuronalen Zentren verschaltet (Lundström, Boyle, Zatorre, & Jones-Gotman, 2008). Bezüglich der Identifikationsleistung zeigte sich in der vorliegenden Studie kein Unterschied zwischen Personen mit ASS und der neurotypischen Vergleichsgruppe. Das bedeutet, dass beide Gruppen KöG nicht bewusst einer Emotion zuordnen konnten. Genauso war bei V. Parma et al. (2013) eine Identifikation von mütterlichem KöG bei nur 7,5 % der Kinder mit ASS möglich im Vergleich zu 5 % bei den Kontrollen. Passend dazu sprechen bisherige Daten von Personen mit ASS überwiegend für eine reduzierte Geruchsidentifikation bei uneingeschränkter Geruchsdetektion (zusammengefasst in Boudjarane et al., 2017; Galle et al., 2013; Suzuki et al., 2003; T. Tavassoli & S. Baron-Cohen, 2012). Diese Erkenntnisse beschränken sich jedoch auf NsG. Um die neuronalen Hintergründe bei ASS genauer zu untersuchen, müssten bildgebende Verfahren hinzugezogen werden.

Von allen KöG wurde der negative KöG am häufigsten richtig zugeordnet. Dieser scheint somit leichter identifizierbar zu sein als die anderen KöG. Da Angstschweiß mehr volatile Bestandteile freisetzt als neutraler KöG (J. H. B. de Groot et al., 2020), könnte dies eine erleichterte Wahrnehmung des negativen KöG bedingen. Bei Bettina M Pause et al. (2009) konnte der negative KöG von 27 % der Teilnehmenden unter zwei Leerproben identifiziert werden und wurde im Vergleich zum neutralen KöG, wie auch in den vorliegenden Ergebnissen im Vergleich zum positiven KöG, signifikant häufiger richtig zugeordnet (Bettina M Pause et al., 2009). Die Ergebnisse sind somit vergleichbar mit den vorliegenden Untersuchungen, bei denen in 29 % der Fälle die KöG richtig zugeordnet werden konnten. Bei Bettina M Pause et al. (2009) wurden nur zwei KöG (Angstsituation vs. Sport) mittels Olfaktometer präsentiert. Bei weniger Auswahlmöglichkeiten ist von einer höheren Wahrscheinlichkeit der zufälligen richtigen Zuordnung auszugehen. Überraschend ist, dass das Nutzen eines Olfaktometers, wodurch eine genauere Geruchspräsentation zu erwarten wäre, zu keiner besseren Identifikationsleistung im Vergleich zur manuellen Präsentation geführt hat. In den Untersuchungen von Wen Zhou und Chen (2011) zeigte sich auch, dass

negativer KöG leichter von neutralem als von positivem zu unterscheiden war. Hier konnten die Teilnehmenden die KöG über der Zufallswahrscheinlichkeit richtig zuordnen (Wen Zhou & Chen, 2011). Auch bei J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al. (2015) konnte sowohl negativer als auch positiver KöG gut von neutralem unterschieden werden, eine Differenzierung zwischen den Erstgenannten war den Testpersonen nicht möglich. Auch bei Chen und Haviland-Jones (2000) konnten die KöG über der Zufallswahrscheinlichkeit zugeordnet werden, hier wurde jedoch bei vergleichbarer Methodik und Stichprobengröße ein deutlicher Unterschied zwischen den Geschlechtern bei der Identifikation der KöG deutlich. Frauen identifizierten in diesem Experiment den positiven KöG über der Zufallswahrscheinlichkeit richtig, Männer jedoch nur den positiven weiblichen KöG, nicht jedoch den männlichen (J. H. B. de Groot et al., 2020). Der negative KöG wurde jedoch besser von beiden Geschlechtern identifiziert, wenn dieser von einer weiblichen Spenderin kam (J. H. B. de Groot et al., 2020). Diese Unterschiede zwischen Männern und Frauen, sowohl bei den Spendern als auch bei den Empfängern des KöG, verdeutlichen die Notwendigkeit geschlechtsspezifischer Analysen. Frauen zeigten in Studien stärkere Reaktionen auf die Wahrnehmung von KöG als Männer, vor allem bei ängstlichem KöG (J. H. de Groot et al., 2014a). Diese Faktoren könnten die Ergebnisse bei der Auswertung der Stichprobe ohne Berücksichtigung des Geschlechts verzerren. Es ist deshalb notwendig, die Ergebnisse vor allem in der ASS-Gruppe mit einem größeren Frauenanteil zu replizieren und geschlechtsspezifisch auszuwerten. Die Ergebnisse der Identifikationsaufgabe heben außerdem erneut die Bedeutung des Angstschweißes im Vergleich zu den anderen KöG hervor.

4.2 Diskussion von Versuchspersonen, Material und Methoden

4.2.1 Probengewinnung

In drei Sessions wurden den Teilnehmenden jeweils positive, negative und neutrale Filmausschnitte gezeigt, durch die bestimmte Emotionen induziert werden sollten. Während der Sessions wurden die KöG über axillare Baumwollkompressen gesammelt und nach jeder Session bei -21 °C eingefroren.

Dieses Vorgehen orientiert sich an zahlreichen Studien, welche KöG auf die gleiche Art gewonnen haben, so z. B. bei Ferreira et al. (2018) oder J. H. de Groot et al. (2014b). Die Stichprobengröße und das nahezu ausbalancierte Geschlechterverhältnis gleichen vorherigen Studien (Ferreira et al., 2018; Mutic, Brunner, Rodriguez-Raecke, Wiesmann, & Freiherr, 2017). Jedoch ist die Stichprobe der vorliegenden Studie mit einem mittleren Alter von 23 Jahren und einem höherem Bildungsgrad als sehr homogen anzusehen. Somit sind die Ergebnisse des Experiments nur auf die KöG von jungen Spendern übertragbar. KöG von älteren Personen werden als weniger intensiv und angenehmer empfunden (Mitro et al., 2012). Der Vorteil eines homogenen Spenderkollektivs besteht darin, dass die Probenzusammensetzung und damit die Ergebnisse nicht durch Kovariaten wie z. B. das Alter beeinflusst werden. Zusätzlich wird die Qualität der KöG nicht durch gehäufte Vorerkrankungen und Medikamenteneinnahme im Alter beeinträchtigt (Olsson et al., 2014). In der vorliegenden Studie wurden außerdem nur Rechtshänder eingeschlossen, welche in einer Studie von Ferdenzi, Schaal, und Roberts (2009) im Gegensatz zu Linkshändern keine Seitenunterschiede bezüglich der subjektiven Bewertungen der KöG aufwiesen. Bei Linkshändern wurde der KöG der dominanten Seite intensiver eingeschätzt (Ferdenzi et al., 2009). Die isolierte Untersuchung von Personen mit Rechtshändigkeit ist bei der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Allgemeinheit zu berücksichtigen und als Limitation der Studie zu betrachten. Bezüglich der Körpergeruchsspende wurde auf ein etabliertes Verfahren zurückgegriffen, indem Baumwollkompressen axillar fixiert wurden und über 30 Minuten den Schweiß während der Emotionsinduktion auffingen (J. H. de Groot et al., 2014b; Ferreira et al., 2018). Hierbei trugen die Teilnehmenden zusätzlich geruchsneutrale T-Shirts. Da sich in der Achsel eine große Anzahl verschiedener Schweißdrüsen befinden (Labows, 1982) und sich axillarer Schweiß in früheren Studien als geeignet für die Übermittlung sozialer Information gezeigt hat (J. H. de Groot et al., 2012; J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al., 2015; W. Zhou & Chen, 2009), wurden auch KöG-Proben in der vorliegenden Studie axillar gewonnen. Bei dieser Art der Probengewinnung muss jedoch berücksichtigt werden, dass das Zusammenspiel von KöG mehrerer

Körperstellen möglicherweise den Geruchseindruck in der Realität besser abbildet. Auf Basis der Literatur ist davon auszugehen, dass axillarer KöG den intensivsten Geruchseindruck generiert, weshalb in fast allen Studien axillarer KöG für die Experimente verwendet wurde (als Übersicht siehe Calvi et al., 2020). Andere Autoren verwendeten auch Polyester-Träger für die Probengewinnung (W. Zhou & Chen, 2009), welche jedoch im Verdacht stehen, bakterielles Wachstum zu begünstigen und somit intensivere und weniger angenehme Gerüche zu provozieren (Callewaert et al., 2014). Obwohl Reinigungsmaßnahmen die Integrität der Haut und der Mikroflora beeinträchtigen (Hussain et al., 2017) und bei den Teilnehmenden durch Unbehagen ein negatives Gefühl auslösen könnten, wurden die Achseln vor jeder Probengewinnung mit sterilem Wasser gereinigt. Somit erscheint eine Verzerrung der Geruchswahrnehmung hinsichtlich Intensität und Annehmlichkeit durch intensive mikrobielle Geruchsbildung unwahrscheinlich.

Den Teilnehmenden wurden in drei separaten Sessions in jeweils einwöchigem Abstand Filmausschnitte mit Komödien, Horrorfilmen oder Dokumentarfilmen gezeigt. Die verwendeten Filmausschnitte wurden bereits in anderen Studien zur emotionalen Induktion erfolgreich angewendet (Barros, Figueiredo, Brás, Carvalho, & Soares, 2022; Gomes et al., 2020; Pinto et al., 2020; Silva et al., 2020). Sowohl bei Gomes et al. (2020), welche zum Teil die gleichen Filmquellen für die Emotionsinduktion verwendeten, als auch bei J. H. de Groot et al. (2014b), J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al. (2015), J. H. B. de Groot et al. (2020), Smeets et al. (2020) waren 30 Minuten ausreichend für eine erfolgreiche Emotionsinduktion. Jedoch gibt es Experimente, welche eine Dauer der Probengewinnung über 20 Minuten (Chen, Katdare, & Lucas, 2006), über 24 Stunden (Havlicek & Lenochova, 2006) bis hin zu mehreren Nächten (Martins et al., 2005) für notwendig hielten. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Proben mit zunehmender Dauer an Intensität zunehmen und an Annehmlichkeit abnehmen (Havlicek, Lenochova, Oberzaucher, Grammer, & Roberts, 2011). In der vorliegenden Studie sollten kurzfristige Reaktionen auf emotionale Gerüche wie z. B. eine schnell eintretende Angstreaktion und deren Übertragungseffekte untersucht werden, was mit einer langen Probengewinnung methodisch nicht

vereinbar gewesen wäre. In der Studie von Smeets et al. (2020) saßen während der emotionalen Induktion durch Filmclips mehrere Spender zusammen, mit dem Ziel, die Emotion durch gegenseitige Beeinflussung zu verstärken. In der vorliegenden Studie wurde jedoch bewusst darauf verzichtet, um eine emotionale Kontamination der Proben durch die Anwesenheit anderer Personen zu vermeiden und eine Randomisierung der Filmausschnitte im Gegensatz zu Smeets et al. (2020) zu gewährleisten. Alternativ hätte statt einer Filmvorführung auch das Erleben realer Erlebnisse wie z. B. Fallschirmspringen (Rubin, Botanov, Hajcak, & Mujica-Parodi, 2011), Klettern im Hochseilgarten (Haegler et al., 2010) oder das Ablegen einer mündlichen Prüfung (Bettina M Pause et al., 2009) in Betracht gezogen werden können. Durch das emotionale Erleben einer realen Situation könnten stärkere negative Reize entstehen, die eine intensivere Reaktion des Geruchsempfängers hervorrufen könnten. Jedoch wären reale emotionale Induktoren schwer planbar und mit einem hohen finanziellen und organisatorischen Aufwand verbunden. Außerdem erscheint die Induktion der Valenzen positiv und neutral mit vergleichbaren Intensitäten in diesem experimentellen Versuchsaufbau als ebenso schwer umsetzbar. Die Emotionsinduktion durch Filmausschnitte war hierbei schonend für die Teilnehmenden, leicht durchführbar und bezüglich der Intensität gut kontrollierbar.

Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die Filmclips nicht von jeder teilnehmenden Person gleich stark erlebt wurden und die Schweißsekretion als Reaktion auf einen Stress induzierenden Reiz individuell unterschiedlich ausfallen kann (Cacioppo et al., 1998; zusammengefasst in Harker, 2013). Ein Hinweis darauf könnte sein, dass Teile der Horrorfilme und insbesondere der Komödien einigen Teilnehmenden bereits bekannt waren, wodurch der erforderliche Reiz für die Schweißsekretion möglicherweise geringer ausfiel. Dies wurde durch die Kombination von vier verschiedenen Kompressenvierteln unterschiedlicher Spender ausgeglichen. Wie bei Endevelt-Shapira et al. (2018) könnte die negative Emotionsinduktion zusätzlich durch eine Messung des Cortisolspiegels im Sinne eines objektiven Stressmarkers ergänzt und überprüft werden. Anzumerken ist, dass sich ein großer Teil der Versuchspersonen der

emotionalen Induktion und der Probengewinnung bewusst war. Dies könnte Einfluss auf die Effektivität der emotionalen Induktion haben und die Fragen zur emotionalen Stimmung hinsichtlich sozialer Erwünschtheit beeinflussen. Die erfolgreiche Emotionsinduktion wurde deshalb auch durch eine objektive quantitative Messmethode der Schweißmenge überprüft.

Zusätzlich wurde bei der Studienplanung auf eine hohe Kontrolle der Störvariablen Wert gelegt, sodass das Risiko einer Kontamination der Proben möglichst minimiert wurde. Alle Versuche wurden im gleichen Versuchsraum von nur vier Untersucherinnen und unter Berücksichtigung eines strengen Verhaltens- und Hygieneprotokolls durchgeführt. Bei der Bildung von KöG reagiert der Körper sehr sensibel auf sämtliche externe und interne Einflüsse (zusammengefasst in Havlicek & Lenochova, 2008). So wurden in zahlreichen Studien, wie auch in dieser, z. B. der Konsum von Nahrungsmitteln, interpersoneller Kontakt, Hygienegewohnheiten und -maßnahmen (P. Lenochova, Roberts, & Havlicek, 2009) sowie auch emotionale Einflüsse berücksichtigt. Bestimmte Nahrungsmittel scheinen Einfluss auf subjektive Bewertungen wie die Intensität und Annehmlichkeit eines KöG zu haben (Havlicek & Lenochova, 2006; Havlicek & Saxton, 2009). Durch Fragebögen, Tagebücher und Instruktionen wurden diese Parameter streng kontrolliert. Trotzdem ist nicht auszuschließen, dass externe Einflüsse auf die Teilnehmenden eingewirkt haben, die im Protokoll nicht erfasst wurden oder zum Zeitpunkt der Studie noch nicht als Störvariable bekannt waren. Bezüglich des Verhaltens-, Diät- und Hygieneprotokolls richtete sich das Vorgehen nach vorherigen Arbeiten von J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al. (2015) und Havlicek und Lenochova (2006). Neueren Ergebnissen zufolge könnte jedoch der Einfluss von Hygieneprodukten auf KöG überschätzt werden, so scheint Parfüm die Wirkung von KöG nicht zu beeinflussen (Gaby & Dalton, 2019). In zwei Fällen wurde das Hygieneprotokoll verletzt, indem die Dusche am Tag des Experiments ausgelassen wurde, was zu einer erhöhten mikrobiellen Besiedlung und Geruchsbildung und somit zu intensiveren, unangenehmeren Geruchseindrücken geführt haben könnte.

Es ist naheliegend, dass Temperatur und Feuchtigkeit der Versuchsräume Einfluss auf Mikroflora, Hautdurchblutung und somit auf die Menge und Qualität der Schweißbildung haben könnten. Die Analysen haben jedoch ergeben, dass sich Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur zwischen den positiven, negativen und neutralen Filmkonditionen nicht signifikant unterschieden. Deshalb sind diese Einflüsse als vernachlässigbar einzuordnen. Zur Aufbewahrung der Proben wurden die Plastikgefäße bei -21 °C eingefroren. Gomes et al. (2020) demonstrierten, dass die Aufbewahrung der Schweißproben in einem Gefrierschrank zu keinem Verlust der emotionalen Information führte. Hierbei wurden die Proben, welche auf die gleiche Weise gewonnenen wurden, bei -80 °C eingefroren (Gomes et al., 2020). Bei anderen Studien wie z. B. bei Ferreira et al. (2018) zeigte sich -20 °C als ausreichend für die Konservierung der menschlichen Chemosignale. Es ist anzunehmen, dass auch die Versuchleiterinnen durch ihren Körpergeruch soziale Signale ausgesendet haben könnten, die die Emotionen der Teilnehmenden und somit die Proben durch Übertragungseffekte beeinflussten. Ein Verlassen des Raumes während der Filmvorführung war aufgrund der räumlichen Gegebenheiten und der Notwendigkeit, die Physiologie aufzuzeichnen, nicht möglich.

4.2.2 Geruchspräsentation

Im zweiten Teil der Studie wurden in jeweils vier Blöcken NsG und KöG randomisiert einer neurotypischen KG und 11 Personen mit ASS präsentiert. Eine Limitation dieser Studie ist, dass sich die Stichproben der beiden Gruppen bezüglich Größe und Geschlechtsverteilung unterscheiden. Die Kontrollgruppe mit 40 Teilnehmenden und einem Frauenanteil von 55 % steht der ASS-Gruppe mit 11 Teilnehmenden und 18 % Frauenanteil gegenüber, was der erschwerten Rekrutierung von Personen mit ASS geschuldet war. Es ist jedoch bekannt, dass Frauen seltener von ASS betroffen sind als Männer (Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, 2016). Auch relevant ist die kleine Stichprobengröße der ASS-Gruppe, wenn berücksichtigt wird, dass die ASS eine sehr heterogene Gruppe umfasst. Dadurch werden die Ergebnisse anfällig für Artefakte und sind somit als vorläufig zu betrachten (Pereira, Noll et al., 2023). Zur Erhöhung der Stichprobengröße hätten die Körpergeruchsproben nach

Benutzung wieder eingefroren und erneut verwendet werden können. Dieses Vorgehen wird durch die Arbeit von Gomes et al. (2020) gestützt, welche in ihrer Arbeit zeigen konnten, dass KöG ihre Eigenschaft als Chemosignal nicht durch erneutes Einfrieren und Auftauen verlieren. Dem gegenüber stehen einige Studien, welche Hinweise liefern, dass KöG, welcher mehrmals verwendet wurde, nach erneutem Einfrieren weniger volatile Chemosignale freisetzt und durch eine wiederholte Nutzung gleich angenehm, aber intensiver empfunden wird (J. H. B. de Groot et al., 2020; P. Lenochova et al., 2009). Zum Zeitpunkt der Studienplanung war jedoch nur letztere Untersuchung bekannt, weshalb auf eine erneute Nutzung der KöG verzichtet wurde. Die beiden Gruppen unterscheiden sich auch bezüglich weiterer Merkmale z. B. bezüglich der sexuellen Orientierung, indem zwei Personen der ASS-Gruppe nicht heterosexuell waren. Dadurch könnte sich die Bewertung der Annehmlichkeit abhängig von der sexuellen Orientierung des Geruchempfängers verändern (Martins et al., 2005). Im Gegensatz zur Kontrollgruppe weisen einige Personen der ASS-Gruppe chronisch entzündliche Erkrankungen auf, bei denen unklar ist, ob diese die Riechleistung verschlechtern (Tognetti et al., 2021). Des Weiteren haben 55 % der Personen mit ASS angegeben, unter weiteren psychischen Erkrankungen, insbesondere Depressionen (100 % bei Angabe einer Komorbidität), zu leiden. Passend dazu wies die ASS-Gruppe im Vergleich zur KG erhöhte BDI-II-Werte auf, was für ein vermehrtes Auftreten depressiver Symptome bei der ASS-Gruppe spricht. Bei Auswertung der subjektiven Bewertungen zeigte sich lediglich ein signifikanter Effekt des BDI-II-Summenwertes auf die Intensität, indem diese mit zunehmendem BDI-II-Summenwert abnahm. In der Übersichtsarbeit von Schablitzky und Pause (2014) wurde herausgearbeitet, dass bei einem Großteil der Studien bezüglich der Identifikation und Diskrimination von Gerüchen keine Unterschiede zu Personen mit schwerer Depression zu finden waren. Bei der Schwellentestung zeigte sich jedoch eine reduzierte olfaktorische Sensitivität, welche sich unter der Therapie verbesserte (Schablitzky & Pause, 2014). Dies könnte für eine reduzierte Wahrnehmung der Intensität von Gerüchen während einer depressiven Stimmungslage sprechen und ist somit passend zum negativen Regressionskoeffizienten der vorliegenden

Ergebnisse. Da Personen mit ASS alle Gerüche in der vorliegenden Studie intensiver wahrnahmen, ist davon auszugehen, dass die erhöhten Depressionswerte des BDI-II in der ASS-Gruppe nicht für diese Ergebnisse verantwortlich sind. Bei Depressionen wird vermutet, dass die reduzierte olfaktorische Leistung (Kohli, Soler, Nguyen, Muus, & Schlosser, 2016) durch Veränderungen der olfaktorischen Funktion (Croy & Hummel, 2017) verursacht wird, wie etwa durch eine Volumenreduktion des Bulbus olfactorius (Negoias et al., 2016) oder eine veränderte Prozessierung olfaktorischer Reize (Bettina M Pause et al., 2003). Es gibt jedoch auch Hinweise darauf, dass Personen mit depressiven Symptomen unangenehme Gerüche als intensiver und angenehme Gerüche als weniger intensiv im Vergleich zur KG wahrnehmen (Atanasova et al., 2010; zusammengefasst in Schablitzky & Pause, 2014). Flohr, Erwin, Croy, und Hummel (2017) entdeckten eine verzögerte Geruchsverarbeitung bei Vorliegen von negativen Emotionen. Auch dies spiegelt sich in den vorliegenden Ergebnissen nicht wider, da alle Gerüche, unabhängig von ihrer Valenz, von der ASS-Gruppe als intensiver eingeschätzt wurden – trotz höherer BDI-II-Werte. Um den Einfluss der Depression auf die Intensität in der zugrundeliegenden Stichprobe genauer zu untersuchen, könnten separate Analysen zu positiven und negativen Gerüchen abhängig vom BDI-II-Summenwert durchgeführt werden. Die nicht signifikanten Effekte des BDI-II-Summenwertes auf die Annehmlichkeit, Erregung und Vertrautheit passen zu bisherigen Studien, bei denen keine Unterschiede zwischen Personen mit depressiven Symptomen und der KG zu finden waren (zusammengefasst in Schablitzky & Pause, 2014).

Außerdem wurde versucht, weitere Störvariablen durch psychologische Tests zu identifizieren. In den Ergebnissen zeigte sich, dass die ASS-Gruppe höhere Alexithymiewerte im TAS-20 aufwies. Cecchetto et al. (2017) fanden in ihren Untersuchungen heraus, dass Personen mit hoher und mittlerer Alexithymie veränderte physiologische Reaktionen auf Gerüche zeigen, wohingegen die subjektiven Bewertungen (Intensität, Annehmlichkeit und Vertrautheit) der Gerüche unbeeinflusst blieben. Bei Personen mit niedriger und hoher Alexithymie zeigten sich außerdem keine Unterschiede im Identifikationstest oder im Schwellentest (Cecchetto et al., 2017). Im Gegensatz dazu stellten Lombion,

Bechetoille, Nezelof, und Millot (2010) fest, dass Personen mit Alexithymie Gerüche intensiver und angenehmer wahrnehmen. In der Übersichtsarbeit von Kinnaird, Stewart, und Tchanturia (2019) wurde deutlich, dass bei Personen mit ASS zu 50 % eine Alexithymie vorlag und Personen mit ASS signifikant höhere TAS-20-Werte aufwiesen. So wäre die Alexithymie eine weitere mögliche Erklärung, weshalb die ASS-Gruppe alle Gerüche in der vorliegenden Studie als intensiver im Vergleich zur KG einschätzte. Ein Gruppenunterschied hinsichtlich der Annehmlichkeit zeigte sich in den vorliegenden Ergebnissen jedoch nicht. Um die Effekte der Alexithymie auf die subjektiven Bewertungen insbesondere die Intensität isoliert zu untersuchen, sollten die TAS-20-Werte als Kovariaten in zukünftige Analysen integriert werden.

Das STAI-T und das STAI-S wurden erhoben, um Unterschiede zwischen der Ängstlichkeit der ASS-Gruppe und der KG zu identifizieren. In beiden Fragebögen waren die Summenwerte in der ASS-Gruppe signifikant höher als in der KG. In einer Vorarbeit zeigte sich, dass junge Erwachsene mit ASS signifikant erhöhte STAI-T-Werte aufweisen (Zukerman, Yahav, & Ben-Itzhak, 2019). Es existieren jedoch wenige Studien, welche die situative Angst (STAI-S) untersuchen. Bei Mertens, Zane, Neumeyer, und Grossman (2017) wurde deutlich, dass zwar Ängstlichkeit als Persönlichkeitszug in der ASS-Gruppe vermehrt zu finden war, sich aber die situative Angst nicht von der KG unterschied. Eine weitere Studie suggeriert, dass eine größere Ängstlichkeit mit einer gesteigerten Einschätzung der Intensität von Gerüchen einhergeht (Clepce, Reich, Gossler, Kornhuber, & Thuerauf, 2012). Eine Beeinflussung der Intensitätsbewertungen in der ASS-Gruppe durch die Ängstlichkeit ist somit nicht ausgeschlossen und sollte in weiteren Analysen genauer untersucht werden.

Sowohl bei der Medikation psychischer als auch somatischer Erkrankungen existieren Präparate, welche den Geruchssinn signifikant beeinflussen (Lötsch et al., 2015; Schiffman, 2018). Personen mit dieser Medikation wurden ausgeschlossen. Es gibt jedoch zu vielen Medikamentenklassen bisher keine Untersuchungen zur Beeinflussung des Geruchssinns, weshalb eine Beeinflussung durch Medikamente nicht ausgeschlossen werden kann. Durch

die Einnahme von Levothyroxin, welches in der Studie von zwei Personen in der KG und von drei Personen in der ASS-Gruppe eingenommen wurde, konnte in der Arbeit von Lötsch et al. (2015) eine verbesserte Riechleistung verzeichnet werden. Des Weiteren finden sich unter den Probandinnen mit ASS nur Frauen mit natürlichem Zyklus, wohingegen 50 % der Frauen in der KG eine hormonelle Kontrazeption nutzten. Da weiblicher KöG zyklusabhängig unterschiedlich von Männern (K. A. Gildersleeve, Haselton, Larson, & Pillsworth, 2012) und Frauen bewertet (Kelly A. Gildersleeve, Fales, & Haselton, 2017) wird, wäre es möglich, dass auch die subjektive Bewertung von Gerüchen abhängig vom Zyklus der Geruchsempfängerinnen variiert. Aktuelle Untersuchungen legen dar, dass diese Zusammenhänge hochkomplex sind (Richard L Doty & Cameron, 2009). Die Daten der vorliegenden Studie wurden nicht abhängig vom Geschlecht des KöG-Spenders oder des Empfängers analysiert. Diese geschlechtsabhängigen Einflüsse auf die subjektiven Bewertungen sollten in zukünftigen Analysen nochmals genauer herausgearbeitet werden. In der vorliegenden Studie waren alle Versuchsleiterinnen weiblich, wodurch vermieden wurde, dass weibliche Teilnehmende in Anwesenheit männlicher Versuchsleiter eine positivere Stimmung zeigten (Jacob, Hayreh, & McClintock, 2001) und dementsprechend die Proben anders bewerteten. Dieser Effekt zeigte sich umgekehrt nicht bei männlichen Probanden und weiblichen Versuchsleiterinnen (Jacob et al., 2001). Aufgrund personeller Einschränkungen war es nicht möglich, die Studie in Form einer Doppelblindstudie zu gestalten, wodurch ein Rosenthal-Effekt seitens der Versuchsleitung berücksichtigt werden muss. Die erfolgreiche einfache Verblindung wird dadurch gestützt, dass 98 % der Teilnehmenden nicht wussten, dass es sich bei den Gerüchen um KöG handelte.

Da die Wahrnehmung von KöG durch zahlreiche Faktoren wie z. B. Nahrungsmittel (Havlicek & Lenochova, 2006) und Infekte (Olsson et al., 2014) beeinflusst werden kann (zusammengefasst in Havlicek & Lenochova, 2008), wurde sowohl bei der Vorbereitung als auch bei der Präsentation großer Wert auf einen strikten Versuchsablauf und die Vermeidung von Probenkontamination gelegt. Um eine Beeinflussung der KöG zu vermeiden, mussten die Geruchsempfänger erneut eine Diät vor dem Experiment befolgen und

emotionale Ereignisse berichten (J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al., 2015). Trotz der Instruktionen gaben 42 % der Teilnehmenden an, etwas vor dem Experiment gegessen zu haben. Dadurch könnte der Geruchseindruck der Proben während des Experiments durch retronasale Weiterleitung der Geruchsstoffe aus der Nahrung (Bojanowski & Hummel, 2012) verändert worden sein. Da die Experimente zum Teil in den Morgenstunden stattfinden mussten, konnte eine Nahrungsaufnahme nicht vermieden werden, um die physiologischen Parameter nicht zu beeinflussen (Muratore, Virzi, & Lowe, 2020). Studienergebnisse weisen darauf hin, dass im Hungerzustand die Geruchssensitivität erhöht ist (Hanci & Altun, 2016). Bei deutlichen Verstößen gegen das Diätprotokoll wurde das Experiment verschoben.

Wie sich in einer vorherigen Studie gezeigt hat, reichen fünf Sekunden und ein Abstand von zwei Zentimeter von den Nares aus, um eine Verarbeitung der emotionalen Gerüche zu bewirken (J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al., 2015). Auch bei Gomes et al. (2020) wurde diese Form der Präsentation unter Zuhilfenahme einer Kinnstütze durchgeführt. Bei Ferreira et al. (2018) waren jedoch bereits drei Sekunden ausreichend, um eine veränderte physiologische Reaktion auf die KöG hervorzurufen. Durch eine randomisierte Abfolge der Gerüche sollten Reihenfolgeeffekte (Ferreira et al., 2018) und Adaptationsmechanismen (Pellegrino, Sinding, de Wijk, & Hummel, 2017) des Geruchssinns reduziert werden. Außerdem sollte durch wiederholte Pausen eine Abnahme der Aufmerksamkeit verhindert werden. In Tierversuchen zeigte sich erst ab 30 Sekunden Präsentationsdauer eine signifikante Geruchsadaptation (Chaudhury et al., 2010). Da denkbar wäre, dass die subjektive Geruchsbewertung von der Stimmung der Teilnehmenden beeinflusst werden könnte, wurden Kontrollfragen eingebaut. In der Auswertung wurde deutlich, dass die Stimmung zwischen den Blöcken nicht signifikant unterschiedlich war. Das spricht für ein ausbalanciertes Versuchsdesign. Die Gefäße wurden von der Versuchsleitung mit der Hand zur Nase der Versuchsperson geführt. Hierbei wurden die Probengefäße nur mit den geruchsneutralen Handschuhen berührt. Eine Wahrnehmung des KöG der Versuchsleitung bei der Präsentation ist jedoch nicht auszuschließen und wurde bei J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al.

(2015) durch eine feste Vorrichtung für die KöG an der Kinnstütze ohne menschlichen Kontakt vermieden. In der Studie von Gomes et al. (2020) und J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al. (2015) wurde den Teilnehmenden zwischen den Gerüchen ein Nasenclip aufgesetzt, um eine Beeinflussung durch weitere Gerüche und eine verfrühte Geruchswahrnehmung zu verhindern. Die dauerhafte Fixierung der Gerüche und der Einsatz von Nasenclips waren aufgrund der schnellen Abfolge der Gerüche und der hohen Anzahl an Präsentationen nicht realisierbar. Zusätzlich besteht beim wiederholten Anbringen eines Nasenclips die Gefahr der mechanischen Irritation der Nasenschleimhaut und einer Verfälschung der Ergebnisse. Jedoch wurde zum Zwecke der Standardisierung den Teilnehmenden die Anweisung zur Einatmung durch die Computersoftware zu einem definierten Zeitpunkt erteilt.

Da die gleichen Proben für jeweils einen Versuchstag verwendet wurden, wäre es möglich, dass sich die Volatilität der Gerüche mit zunehmender Dauer durch Erwärmung verändert haben könnte. Die Umgebungsbedingungen wie Temperatur und Luftfeuchtigkeit waren zwischen den Experimenten nicht signifikant unterschiedlich, weshalb von einem geringen Einfluss auf den Geruchseindruck auszugehen ist. Bei J. H. de Groot et al. (2014b) erhielt jede Versuchsperson frische Geruchsgefäße, was aufgrund der großen Probenmenge von sechs Gefäßen pro Versuch in diesem Versuchsplan nicht realisierbar gewesen wäre. Einflüsse durch Kontamination und Umgebungsfaktoren hätten durch die Verwendung eines Olfaktometers, wie bei J. H. B. de Groot et al. (2020) eingesetzt, reduziert werden können. Ein Olfaktometer garantiert nicht nur die Abschirmung von weiteren Geruchsreizen, sondern auch die Konsistenz der Geruchsmenge durch ein definiertes Gasvolumen und einen konstanten Luftstrom. Wie Gomes et al. (2020) bereits bemängelt haben, wäre es jedoch möglich, dass durch den kontinuierlichen Luftstrom des Olfaktometers die Konzentration der volatilen Chemosignale reduziert wird.

Letztlich lässt sich aus den Fragen zur subjektiven Bewertung nicht direkt ableiten, ob durch die Präsentation von KöG eine Emotion auf den Empfänger übertragen wurde. Dies hätte mit Fragen zur Stimmung der Teilnehmenden nach jedem einzelnen Geruch überprüft werden können. Bei J. H. de Groot, Smeets,

Rowson, et al. (2015) wurde der emotionale Zustand mit einer Interpretation chinesischer Symbole indirekt überprüft. In der vorliegenden Studie wäre dies durch die hohe Anzahl der Präsentationen jedoch nur schwer umsetzbar gewesen. In der vorliegenden Studie wurde dies an anderer Stelle durch die Auswertung der physiologischen Parameter ergänzt (Pereira, Noll et al., 2023). Außerdem hätte ein alternatives Studiendesign weitere Sinne miteinbeziehen können. Die meisten Studien untersuchen Reaktionen auf KöG in Kombination mit visuellen Reizen. So mussten die Versuchspersonen bei Rocha et al. (2018) ein emotionales Gesicht unter Anwesenheit von KöG einschätzen. Die Wirkung menschlicher Chemosignale hätte so durch das Ansprechen mehrerer Sinnesmodalitäten gegebenenfalls verstärkt werden können. Bei Rocha et al. (2018) erhöhte beispielsweise der ängstliche KöG die Genauigkeit einer richtigen emotionalen Gesichtserkennung. Auch bei W. Zhou und Chen (2009) modulierte der ängstliche KöG den visuellen Eindruck einer Emotion. Das weist darauf hin, dass für die Verarbeitung sozialer Information mehrere Sinne notwendig sind und sich verschiedene Sinne gegenseitig verstärken. Zukünftige Experimente zur multisensorischen Beeinflussung könnten somit auf diese Ergebnisse aufbauen.

4.3 Schlussfolgerung und Ausblick

Für den Aufbau menschlicher Bindungen und dem Leben in einer Gemeinschaft ist es essenziell, emotionale Signale des Gegenübers wahrzunehmen und darauf angemessen zu reagieren. Unter diesen emotionalen Signalen sind unter anderem menschliche Chemosignale zu verstehen, welche z. B. Freude oder Angst auf eine andere Person transferieren können (J. H. de Groot et al., 2014b; J. H. de Groot, Smeets, Rowson, et al., 2015). Bei Personen mit ASS ist bekannt, dass Betroffene Schwierigkeiten haben, emotionale Regungen des Gegenübers zu interpretieren und zu spiegeln. Eine mögliche Erklärung hierfür wäre, dass KöG von Personen mit ASS anders wahrgenommen oder verarbeitet werden. Dies könnte zu einem Verlust sozialer Information führen, welche die Charakteristika bei ASS mitbedingen. In den vorliegenden Untersuchungen zeigte sich, dass Gerüche im Allgemeinen von der ASS-Gruppe intensiver, die KöG jedoch weniger erregend im Vergleich zur KG empfunden wurden. Das könnte dafür sprechen, dass KöG eine geringere emotionale Reaktion bei

Personen mit ASS bewirken. Diese Ergebnisse sind vereinbar mit der Hypothese der sozialen Dysosmie bei Personen mit ASS, welche von Endevelt-Shapira et al. (2018) bereits aufgestellt wurde. Dadurch, dass auch nicht-soziale Gerüche intensiver bewertet wurden, könnte man sogar von einer Hypersensitivität für Geruchsstimuli im Allgemeinen bei Personen mit ASS ausgehen, wie von Ashwin et al. (2014) bereits aufgezeigt. Jedoch wurde auch deutlich, dass Personen mit ASS KöG nicht von Leerproben unterscheiden konnten. Das galt sowohl für die Intensität, die Erregung, die Vertrautheit als auch für die Annehmlichkeit. Somit liegt die Vermutung nahe, dass KöG für Personen mit ASS im Gegensatz zu neurotypischen Personen möglicherweise nicht wahrnehmbar ist. Diese Ergebnisse werden durch die Erkenntnisse von Pereira, Noll et al. (2023) ergänzt, welche für eine dysfunktionale physiologische Reaktion auf KöG bei ASS sprechen und somit weitere Screeningmethoden bei ASS in Aussicht stellen.

Diese Erkenntnisse könnten auch einen wichtigen Ansatzpunkt für therapeutische Interventionen bei Betroffenen mit ausgeprägten sozialen Einschränkungen darstellen, indem z. B. die Aufmerksamkeit für soziale Chemosignale im Rahmen eines Geruchstrainings geschult wird. Dies könnte ggf. in Kombination mit visuellen Reizen als zusätzliche Verstärkung erfolgen.

Die KG konnte die Leerproben von den KöG anhand ihrer Intensität unterscheiden, was für eine Wahrnehmung der menschlichen Chemosignale spricht. Von der neurotypischen Gruppe wurde vor allem der negative KöG signifikant erregender als der neutrale KöG und als die Leerprobe wahrgenommen. Diese Ergebnisse sprechen für eine mögliche Übertragung von emotionaler Information mittels negativer KöG. Somit wird die Rolle des Angstgeruchs als Warnsignal und evolutionär bedeutsamer Umgebungsreiz nochmals hervorgehoben.

Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass viele Faktoren die Reaktionen auf KöG beeinflussen und diese zum Teil noch unerforscht sind. Einige der Kovariaten wie die Riechperformance, Ängstlichkeit und die Depressivität sollten in die Analysemodelle integriert werden, um die einzelnen Effekte genauer zu analysieren. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind somit als vorläufig zu betrachten.

Zur endgültigen Klärung dieser Fragen sind Untersuchungen mit deutlich größerer Fallzahl, gegebenenfalls unter Einsatz eines Olfaktometers unabdingbar. Zukünftige Studien im Bereich der Olfaktorik sollten die Hürden der Rekrutierung für Personen mit ASS identifizieren, um eine größere Stichprobe und eine bessere Übertragbarkeit der Ergebnisse zu erzielen. Diese Experimente sind allerdings aufwändig und ohne entsprechende personelle und logistische Unterstützung nicht durchführbar. Außerdem sollten zunächst die Riechperformance und die Verarbeitung von olfaktorischen Reizen bei erwachsenen Personen mit ASS genauer untersucht werden, damit die Reaktionen auf KöG besser interpretierbar werden. So wären Experimente, welche Personen mit ASS in sensorische Untergruppen unterteilen und deren Reaktionen auf KöG gruppenspezifisch aufdecken, richtungsweisend.

Diese Ergebnisse machen auf Unterschiede bei der Geruchswahrnehmung zwischen neurotypischen und neurodiversen Personen aufmerksam und zeigen die Notwendigkeit für weitere randomisierte Doppelblindstudien bei ASS.

5 Zusammenfassung

5.1 Deutsche Zusammenfassung

Menschen sind in der Lage, Informationen wie beispielsweise Emotionen durch Körpergerüche (KöG) zu übermitteln. Trotz der besonderen Bedeutung dieser chemosensorischen Signale für die soziale Kommunikation ist diesbezüglich bei Personen mit Autismus-Spektrum-Störung (ASS) wenig bekannt. Bei Personen mit ASS sind nicht nur Defizite der sozialen Interaktion krankheitsdefinierend, sondern es werden auch sensorische Atypien im Bereich der Olfaktorik diskutiert. Deshalb soll in dieser Studie untersucht werden, ob Personen mit ASS Gerüche im Allgemeinen und speziell KöG anders wahrnehmen und unterscheiden können. Eine Besonderheit und Neuheit hierbei ist, dass KöG beider Geschlechter untersucht wurden.

Dafür wurden zunächst 19 gesunden Teilnehmenden (davon zehn Frauen unter oraler Kontrazeption) negative, positive und neutrale Filmausschnitte gezeigt, während axillare Schweißproben (unter strengen Hygienevorschriften) gesammelt wurden. Die erfolgreiche Emotionsinduktion wurde sowohl mittels subjektiver Messmethoden als auch mittels Quantifizierung der Schweißbildung überprüft.

Im zweiten Teil wurden diese Proben einer klinischen Gruppe (11 Personen mit ASS, davon zwei Frauen) und einer Kontrollgruppe (KG, 40 Teilnehmende, davon 22 Frauen) präsentiert. Durch die subjektiven Bewertungen (Intensität, Erregung, Annehmlichkeit und Vertrautheit) der Schweißproben sollten die Reaktionen auf die KöG von gleich- und gegengeschlechtlichen Individuen mit den Reaktionen auf neutrale, positive und negative nicht-soziale Gerüche (NsG) verglichen werden.

Bei der Analyse der subjektiven Bewertungen zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt der Gruppe bei der Intensität und eine signifikante Interaktion zwischen Geruchstyp * Valenz * Gruppe bei der Intensität und Erregung. In den paarweisen Vergleichen wurde deutlich, dass die ASS-Gruppe alle Gerüche,

sowohl KöG als auch NsG, signifikant intensiver als die KG wahrnahm. Die KöG wurden jedoch von der ASS-Gruppe signifikant weniger erregend eingeschätzt. Jedoch konnte die ASS-Gruppe die KöG im Gegensatz zur KG nicht von der Leerprobe hinsichtlich Intensität, Erregung, Vertrautheit und Annehmlichkeit unterscheiden. Von der KG wurde der negative KöG signifikant erregender als der neutrale KöG und die Leerprobe eingeschätzt, was die besondere Bedeutung des Angstgeruchs unterstreicht.

Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass bei Personen mit ASS KöG zu weniger emotionaler Erregung führt und dass Personen mit ASS Auffälligkeiten im Bereich der Körpergeruchswahrnehmung oder -verarbeitung aufweisen. Zur genaueren Untersuchung dieser Annahme sind weiterführende Studien mit größeren Stichproben notwendig, weshalb diese Ergebnisse als vorläufig zu betrachten sind.

5.2 Englische Zusammenfassung

Humans are able to transmit information such as emotions through body odors (BOs). Despite the particular importance of these chemosensory signals for social communication, little is known about this phenomenon in people with autism spectrum disorders (ASD). ASD is mostly known for its disease-defining deficits in social interaction, but differences in olfactory perception are also being discussed. Therefore, the aim of this study is to investigate whether people with ASD can perceive and distinguish odors in general and BOs in particular. A unique and innovative aspect of this study is that BOs of both genders were examined.

We collected axillary sweat samples of 19 healthy participants (ten women, all on oral contraception) during a showing of negative, positive and neutral film clips (under strict hygiene regulations). Successful emotion induction was assessed through both subjective measurements and quantification of sweat production.

In the second part of the study, these samples were presented to a clinical group (11 individuals with ASD, including two women) and a control group (CG, 40 participants, including 22 women). Subjective ratings (intensity, arousal, pleasantness and familiarity) of the sweat samples were used to compare the reactions to same-sex and opposite-sex BOs, as well as to neutral, positive and negative non-social odors (NsOs).

The analysis of the subjective ratings revealed both a significant main group effect regarding intensity and a significant interaction odor type * valence * group regarding both intensity and arousal. Pairwise comparisons showed that the ASD group rated all odors, BOs and NsOs, significantly more intensely than the CG. However, the ASD group found BOs to be significantly less arousing. Unlike the CG, the ASD group was unable to differentiate between the BOs and the blank samples in terms of intensity, arousal, familiarity and pleasantness. The CG rated negative BOs as significantly more arousing than the neutral BOs and the blank samples, which highlights the special significance of the fear-related odor.

These results suggest that in individuals with ASD, BOs lead to less emotional arousal and that individuals with ASD exhibit abnormalities in BO perception or

processing. Further studies with larger samples are needed to investigate this hypothesis in more detail, which is why these results should be regarded as preliminary.

6 Literaturverzeichnis

- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed. Vol. 21). Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Ashwin, C., Chapman, E., Howells, J., Rhydderch, D., Walker, I., & Baron-Cohen, S. (2014). Enhanced olfactory sensitivity in autism spectrum conditions. *Molecular Autism*, 5(53), 1-9. doi:10.1186/2040-2392-5-53
- Atanasova, B., El-Hage, W., Chabanet, C., Gaillard, P., Belzung, C., & Camus, V. (2010). Olfactory anhedonia and negative olfactory alliesthesia in depressed patients. *Psychiatry research*, 176(2-3), 190-196. doi:10.1016/j.psychres.2008.11.016
- Aumüller, G., Aust, G., Doll, A., Engele, J., Kirsch, J., Mense, S., Reißig, D., Salvetter, J., Schmidt, W., Schmitz, F., Schulte, E., Spaniel-Borowski, K., Wolff, W., Wurzinger, L. J., & Zilch, H.-G. (2010). *Anatomie, Olfaktorisches System* (2nd ed.), 1136-1139. Stuttgart: Thieme.
- Ayabe-Kanamum, S., Kikuchi, T., & Saito, S. (1997). Effect of verbal cues on recognition memory and pleasantness evaluation of unfamiliar odors. *Perceptual and Motor Skills*, 85(1), 275-285. doi:10.2466/pms.1997.85.1.275
- 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. *Chemical Senses*, 23(1), 31-38. doi:10.1093/chemse/23.1.31
- Bach, M., Bach, D., de Zwaan, M., Serim, M., & Bohmer, F. (1996). Validation of the German version of the 20-item Toronto Alexithymia Scale in normal persons and psychiatric patients. *Psychotherapie Psychosomatik Medizinische Psychologie*, 46(1), 23-28.
- Bagby, R. M., Parker, J. D., & Taylor, G. J. (1994). The twenty-item Toronto Alexithymia Scale--I. Item selection and cross-validation of the factor structure. *Journal of psychosomatic research* 38(1), 23-32. doi:10.1016/0022-3999(94)90005-1
- Bagby, R. M., Taylor, G. J., & Parker, J. D. (1994). The Twenty-item Toronto Alexithymia Scale--II. Convergent, discriminant, and concurrent validity. *Journal of psychosomatic research* 38(1), 33-40. doi:10.1016/0022-3999(94)90006-x
- Barbaro, J., & Dissanayake, C. (2009). Autism Spectrum Disorders in Infancy and Toddlerhood: A Review of the Evidence on Early Signs, Early Identification Tools, and Early Diagnosis. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics*, 30(5), 447-459. doi:10.1097/DBP.0b013e3181ba0f9f
- 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. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 31(1), 5-17. doi:10.1023/a:1005653411471

- Barros, F., Figueiredo, C., Brás, S., Carvalho, J. M., & Soares, S. C. (2022). Multidimensional assessment of anxiety through the State-Trait Inventory for Cognitive and Somatic Anxiety (STICSA): From dimensionality to response prediction across emotional contexts. *Public Library of Science Plos one*, *17*(1), e0262960. doi:10.1371/journal.pone.0262960
- Bauminger, N., Shulman, C., & Agam, G. (2003). Peer Interaction and Loneliness in High-Functioning Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *33*(5), 489-507. doi:10.1023/A:1025827427901
- Beck, A. T., Steer, R. A., & Brown, G. K. (1996). Manual for the beck depression inventory-II. *1*, 210. doi:10.1037/t00742-000
- Ben-Sasson, A., Hen, L., Fluss, R., Cermak, S. A., Engel-Yeger, B., & Gal, E. (2009). A meta-analysis of sensory modulation symptoms in individuals with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *39*(1), 1-11. doi:10.1007/s10803-008-0593-3
- Bennetto, L., Kuschner, E. S., & Hyman, S. L. (2007). Olfaction and taste processing in autism. *Biological Psychiatry*, *62*(9), 1015-1021. doi:10.1016/j.biopsych.2007.04.019
- Bensafi, M., Rouby, C., Farget, V., Bertrand, B., Vigouroux, M., & Holley, A. (2002). Autonomic nervous system responses to odours: the role of pleasantness and arousal. *Chemical Senses*, *27*(8), 703-709. doi:10.1093/chemse/27.8.703
- Billstedt, E., Carina Gillberg, I., & Gillberg, C. (2007). Autism in adults: symptom patterns and early childhood predictors. Use of the DISCO in a community sample followed from childhood. *Journal of child psychology and psychiatry*, *48*(11), 1102-1110. doi:10.1111/j.1469-7610.2007.01774.x
- Bird, G., & Cook, R. (2013). Mixed emotions: the contribution of alexithymia to the emotional symptoms of autism. *Translational Psychiatry*, *3*(7), e285-e285. doi:10.1038/tp.2013.61
- Bojanowski, V., & Hummel, T. (2012). Retronasal perception of odors. *Physiology & Behavior*, *107*(4), 484-487. doi:10.1016/j.physbeh.2012.03.001
- 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. *Journal of cognitive neuroscience*, *15*(2), 226-235. doi:10.1162/089892903321208169
- Bontempi, C., Jacquot, L., & Brand, G. (2021). Sex Differences in Odor Hedonic Perception: An Overview. *Frontiers in Neuroscience*, *15*, 764520. doi:10.3389/fnins.2021.764520
- Boudjarane, M. A., Grandgeorge, M., Marianowski, R., Misery, L., & Lemonnier, E. (2017). Perception of odors and tastes in autism spectrum disorders: A systematic review of assessments. *Autism Research*, *10*(6), 1045-1057. doi:10.1002/aur.1760
- Buck, T. R., Viskochil, J., Farley, M., Coon, H., McMahon, W. M., Morgan, J., & Bilder, D. A. (2014). Psychiatric comorbidity and medication use in adults with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *44*(12), 3063-3071. doi:10.1007/s10803-014-2170-2

- Burghart Messtechnik GmbH. (2021). Standardtests: Extended Test. Burghart Messtechnik GmbH. Retrieved 2022, Januar 13 from https://www.burghart-mt.de/medizintechnik/sniffin_sticks_und_taste_strips/sniffin_sticks/
- Cacioppo, J. T., Berntson, G. G., Malarkey, W. B., Kiecolt-Glaser, J., Sheridan, J. F., Poehlmann, K. M., Burleson, M. H., Ernst, J. M., Hawkley, L. C., & Glaser, R. (1998). Autonomic, neuroendocrine, and immune responses to psychological stress: The reactivity hypothesis A. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *840*(1), 664-673. doi:10.1111/j.1749-6632.1998.tb09605.x
- Cain, W. S., & Turk, A. (1985). Smell of danger: an analysis of LP-gas odorization. *American Industrial Hygiene Association Journal*, *46*(3), 115-126. doi:10.1080/15298668591394527
- Callewaert, C., De Maeseneire, E., Kerckhof, F. M., Verliefde, A., Van de Wiele, T., & Boon, N. (2014). Microbial odor profile of polyester and cotton clothes after a fitness session. *Applied and Environmental Microbiology*, *80*(21), 6611-6619. doi:10.1128/aem.01422-14
- Calvi, E., Quassolo, U., Massaia, M., Scandurra, A., D'Aniello, B., & D'Amelio, P. (2020). The scent of emotions: A systematic review of human intra- and interspecific chemical communication of emotions. *Brain and Behavior*, *10*(5), e01585. doi:10.1002/brb3.1585
- Cecchetto, C., Lancini, E., Bueti, D., Rumiati, R. I., & Parma, V. (2019). Body odors (even when masked) make you more emotional: behavioral and neural insights. *Scientific Reports*, *9*(1), 5489. doi:10.1038/s41598-019-41937-0
- Cecchetto, C., Rumiati, R. I., & Aiello, M. (2017). Alexithymia and emotional reactions to odors. *Scientific Reports*, *7*(1), 14097. doi:10.1038/s41598-017-14404-x
- Cernoch, J. M., & Porter, R. H. (1985). Recognition of maternal axillary odors by infants. *Child development*, *56*(6), 1593-1598. doi:10.2307/1130478
- Chaudhury, D., Manella, L., Arellanos, A., Escanilla, O., Cleland, T. A., & Linster, C. (2010). Olfactory bulb habituation to odor stimuli. *Behavioral neuroscience*, *124*(4), 490. doi:10.1037/a0020293
- Chen, D., & Haviland-Jones, J. (2000). Human olfactory communication of emotion. *Perceptual and Motor Skills*, *91*(3), 771-781. doi:10.2466/pms.2000.91.3.771
- Chen, D., Katdare, A., & Lucas, N. (2006). Chemosignals of fear enhance cognitive performance in humans. *Chemical Senses*, *31*(5), 415-423. doi:10.1093/chemse/bjj046
- Chevallier, C., Kohls, G., Troiani, V., Brodtkin, E. S., & Schultz, R. T. (2012). The social motivation theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences*, *16*(4), 231-239. doi:10.1016/j.tics.2012.02.007
- Clepce, M., Reich, K., Gossler, A., Kornhuber, J., & Thuerauf, N. (2012). Olfactory abnormalities in anxiety disorders. *Neuroscience Letters*, *511*(1), 43-46. doi:10.1016/j.neulet.2012.01.034
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.), 567. Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates.

- Constantino, J. N. (2011). The quantitative nature of autistic social impairment. *Pediatric research*, 69(8), 55-62. doi:10.1203/PDR.0b013e318212ec6e
- Crane, L., Goddard, L., & Pring, L. (2009). Sensory processing in adults with autism spectrum disorders. *Autism*, 13(3), 215-228. doi:10.1177/1362361309103794
- Croy, I., & Hummel, T. (2017). Olfaction as a marker for depression. *Journal of Neurology*, 264(4), 631-638. doi:10.1007/s00415-016-8227-8
- Dammann, G. (2002). AQ-Test. Universitäre Psychiatrische Kliniken (UPK) Basel. Retrieved 2022, Januar 11 from https://docs.autismresearchcentre.com/tests/AQTest_deutschRev.doc
- de Groot, J. H., Semin, G. R., & Smeets, M. A. (2014a). Chemical communication of fear: A case of male-female asymmetry. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(4), 1515-1525. doi:10.1037/a0035950
- de Groot, J. H., Semin, G. R., & Smeets, M. A. (2014b). I can see, hear, and smell your fear: comparing olfactory and audiovisual media in fear communication. *Journal of Experimental Psychology: General*, 143(2), 825-834. doi:10.1037/a0033731
- de Groot, J. H., Semin, G. R., & Smeets, M. A. (2017). On the Communicative Function of Body Odors. *Perspectives on Psychological Science*, 12(2), 306-324. doi:10.1177/1745691616676599
- de Groot, J. H., Smeets, M. A., Kaldewaij, A., Duijndam, M. J., & Semin, G. R. (2012). Chemosignals communicate human emotions. *Psychological Science*, 23(11), 1417-1424. doi:10.1177/0956797612445317
- de Groot, J. H., Smeets, M. A., Rowson, M. J., Bulsing, P. J., Blonk, C. G., Wilkinson, J. E., & Semin, G. R. (2015). A sniff of happiness. *Psychological Science*, 26(6), 684-700. doi:10.1177/0956797614566318
- de Groot, J. H., Smeets, M. A., & Semin, G. R. (2015). Rapid stress system drives chemical transfer of fear from sender to receiver. *Public Library of Science Plos one*, 10(2), e0118211. doi:10.1371/journal.pone.0118211
- de Groot, J. H. B., Kirk, P. A., & Gottfried, J. A. (2020). Encoding fear intensity in human sweat. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1800), 20190271. doi:10.1098/rstb.2019.0271
- de Groot, J. H. B., & Smeets, M. A. M. (2017). Human Fear Chemosignaling: Evidence from a Meta-Analysis. *Chemical Senses*, 42(8), 663-673. doi:10.1093/chemse/bjx049
- Demal, U. (1999). SKIDPIT-light Screeningbogen. In: Wien: Universität Wien.
- Deutsche Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, P. u. P. e. V. (2016). S3-Leitlinie Autismus-Spektrum-Störungen im Kindes-, Jugend- und Erwachsenenalter, Teil 1: Diagnostik. AWMF online. Retrieved 2022, Juli 15 from <https://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/028-018.html>
- Dimberg, U., & Petterson, M. (2000). Facial reactions to happy and angry facial expressions: evidence for right hemisphere dominance. *Psychophysiology*, 37(5), 693-696. doi:10.1017/S0048577200990759
- Distel, H., Ayabe-Kanamura, S., Martínez-Gómez, M., Schicker, I., Kobayakawa, T., Saito, S., & Hudson, R. (1999). Perception of Everyday Odors—Correlation between Intensity, Familiarity and Strength of

- Hedonic Judgement. *Chemical Senses*, 24(2), 191-199.
doi:10.1093/chemse/24.2.191
- Doty, R. L., & Cameron, E. L. (2009). Sex differences and reproductive hormone influences on human odor perception. *Physiology & Behavior*, 97(2), 213-228. doi:10.1016/j.physbeh.2009.02.032
- Doty, R. L., Orndorff, M. M., Leyden, J., & Kligman, A. (1978). Communication of gender from human axillary odors: relationship to perceived intensity and hedonicity. *Behavioral Biology*, 23(3), 373-380. doi:10.1016/s0091-6773(78)91393-7
- Doty, R. L., Shaman, P., Applebaum, S. L., Giberson, R., Siksorski, L., & Rosenberg, L. (1984). Smell identification ability: changes with age. *Science*, 226(4681), 1441-1443. doi:10.1126/science.6505700
- 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. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 20(7), 333-340. doi:10.1007/s00787-011-0177-1
- Endevelt-Shapira, Y., Perl, O., Ravia, A., Amir, D., Eisen, A., Bezalel, V., Rozenkrantz, L., Mishor, E., Pinchover, L., Soroka, T., Honigstein, D., & Sobel, N. (2018). Altered responses to social chemosignals in autism spectrum disorder. *Nature Neuroscience*, 21(1), 111-119. doi:10.1038/s41593-017-0024-x
- Falkai, P., Wittchen, H.-U., Döpfner, M., Gaebel, W., Maier, W., Rief, W., Saß, H., & Zaudig, M. (2015). Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen DSM-5. American Psychiatric Association. Retrieved 2022, Juli 16 from <https://www.hogrefe.com/de/shop/diagnostisches-und-statistisches-manual-psychischer-stoerungen-dsm-5r-88625.html>
- Ferdenzi, C., Schaal, B., & Roberts, S. C. (2009). Human axillary odor: are there side-related perceptual differences? *Chemical Senses*, 34(7), 565-571. doi:10.1093/chemse/bjp037
- Ferreira, J., Parma, V., Alho, L., Silva, C. F., & Soares, S. C. (2018). Emotional Body Odors as Context: Effects on Cardiac and Subjective Responses. *Chemical Senses*, 43(5), 347-355. doi:10.1093/chemse/bjy021
- Fialová, J., Roberts, S. C., & Havlíček, J. (2016). Consumption of garlic positively affects hedonic perception of axillary body odour. *Appetite*, 97, 8-15. doi:10.1016/j.appet.2015.11.001
- First, M. B., Spitzer, R., Gibbon, M., & Williams, J. B. W. (1996). *Structured clinical interview for DSM-IV axis I disorders (SCID-I)*. Washington, D.C.
- Flohr, E. L., Erwin, E., Croy, I., & Hummel, T. (2017). Sad man's nose: Emotion induction and olfactory perception. *Emotion*, 17(2), 369-378. doi:10.1037/emo0000224
- Frazier, T. W., Thompson, L., Youngstrom, E. A., Law, P., Hardan, A. Y., Eng, C., & Morris, N. (2014). A twin study of heritable and shared environmental contributions to autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(8), 2013-2025. doi:10.1007/s10803-014-2081-2

- Frye, R. E., Schwartz, B. S., & Doty, R. L. (1990). Dose-related effects of cigarette smoking on olfactory function. *Jama*, 263(9), 1233-1236. doi:10.1001/jama.1990.03440090067028
- Gaby, J. M., & Dalton, P. (2019). Discrimination Between Individual Body Odors Is Unaffected by Perfume. *Perception*, 48(11), 1104-1123. doi:10.1177/0301006619872055
- Gallagher, M., & Chiba, A. A. (1996). The amygdala and emotion. *Current opinion in neurobiology*, 6(2), 221-227. doi:10.1016/s0959-4388(96)80076-6
- Gallagher, M., Wysocki, C. J., Leyden, J. J., Spielman, A. I., Sun, X., & Preti, G. (2008). Analyses of volatile organic compounds from human skin. *British Journal of Dermatology*, 159(4), 780-791. doi:10.1111/j.1365-2133.2008.08748.x
- Galle, S. A., Courchesne, V., Mottron, L., & Frasnelli, J. (2013). Olfaction in the autism spectrum. *Perception*, 42(3), 341-355. doi:10.1068/p7337
- Gildersleeve, K. A., Fales, M. R., & Haselton, M. G. (2017). Women's evaluations of other women's natural body odor depend on target's fertility status. *Evolution and Human Behavior*, 38(2), 155-163. doi:10.1016/j.evolhumbehav.2016.08.003
- Gildersleeve, K. A., Haselton, M. G., Larson, C. M., & Pillsworth, E. G. (2012). Body odor attractiveness as a cue of impending ovulation in women: evidence from a study using hormone-confirmed ovulation. *Hormones and Behavior*, 61(2), 157-166. doi:10.1016/j.yhbeh.2011.11.005
- Gomes, N., & Semin, G. R. (2021). The Function of Fear Chemosignals: Preparing for Danger. *Chemical Senses*, 46. doi:10.1093/chemse/bjab005
- Gomes, N., Silva, F., & Semin, G. R. (2020). The lasting smell of emotions: The effects of reutilizing fear sweat samples. *Behavior Research Methods*, 52(6), 2438-2451. doi:10.3758/s13428-020-01412-5
- Grave, J., Noll, J., Barros, F., Kogler, L., Freiherr, J., Wildgruber, D., Soares, S., & Derntl, B. (2021). Subjective responses to emotional body odors and common odors in autism-spectrum disorders. *European Psychiatry*, 64(S1), S613-S613. doi:10.1192/j.eurpsy.2021.1630
- Green, J., Bishop, P., Muir, I., & Lomax, R. (2000). Gender differences in sweat lactate. *European journal of applied physiology*, 82, 230-235. doi:10.1007/s004210050676
- Griffin, C., Lombardo, M. V., & Auyeung, B. (2016). Alexithymia in children with and without autism spectrum disorders. *Autism research*, 9(7), 773-780. doi:10.1002/aur.1569
- Haegler, K., Zernecke, R., Kleemann, A. M., Albrecht, J., Pollatos, O., Brückmann, H., & Wiesmann, M. (2010). No fear no risk! Human risk behavior is affected by chemosensory anxiety signals. *Neuropsychologia*, 48(13), 3901-3908. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.019
- Hanci, D., & Altun, H. (2016). Hunger state affects both olfactory abilities and gustatory sensitivity. *European Archives of Oto-rhino-laryngology*, 273(7), 1637-1641. doi:10.1007/s00405-015-3589-6

- Harker, M. (2013). Psychological sweating: a systematic review focused on aetiology and cutaneous response. *Skin pharmacology and physiology*, 26(2), 92-100. doi:10.1159/000346930
- Hatt, H. (2019). Geruch. In R. Brandes, F. Lang, & R. F. Schmidt (Eds.), *Physiologie des Menschen: mit Pathophysiologie* (pp. 781-788). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Hautzinger, M., Keller, F., & Kühner, C. (2006). Beck Depression Inventory II. German edition and handbook for BDI-II. *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie*, 2(37), 153-154. doi:10.1007/s00115-006-2098-7
- Havlicek, J., Dvorakova, R., Bartos, L., & Flegr, J. (2006). Non-advertized does not mean concealed: body odour changes across the human menstrual cycle. *Ethology*, 112(1), 81-90. doi:10.1111/j.1439-0310.2006.01125.x
- Havlicek, J., & Lenochova, P. (2006). The effect of meat consumption on body odor attractiveness. *Chemical Senses*, 31(8), 747-752. doi:10.1093/chemse/bjl017
- Havlicek, J., & Lenochova, P. (2008). Environmental effects on human body odour. *Chemical signals in vertebrates* 11, 199-210. doi:10.1007/978-0-387-73945-8_19
- Havlicek, J., Lenochova, P., Oberzaucher, E., Grammer, K., & Roberts, S. C. (2011). Does Length of Sampling Affect Quality of Body Odor Samples? *Chemosensory Perception*, 4(4), 186-194. doi:10.1007/s12078-011-9104-6
- Havlicek, J., & Saxton, T. K. (2009). The effect of diet on human bodily odors. In *New research on food habits* (pp. 35-44). New York: Nova Science Publishers.
- Havlicek, J., Winternitz, J., & Roberts, S. C. (2020). Major histocompatibility complex-associated odour preferences and human mate choice: near and far horizons. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 375(1800), 20190260. doi:10.1098/rstb.2019.0260
- Hedger, N., Dubey, I., & Chakrabarti, B. (2020). Social orienting and social seeking behaviors in ASD. A meta analytic investigation. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 119, 376-395. doi:10.1016/j.neubiorev.2020.10.003
- Hedner, M., Larsson, M., Arnold, N., Zucco, G. M., & Hummel, T. (2010). Cognitive factors in odor detection, odor discrimination and odor identification tasks. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 32(10), 1062-1067. doi:10.1080/13803391003683070
- Hemmerich, W. A. (2015). StatistikGuru: Cohen's d berechnen. Retrieved 2024, März 5 from <https://statistikguru.de/rechner/cohens-d.html>
- Hemmerich, W. A. (2020). StatistikGuru: Generalized Estimating Equations (GEE). Retrieved 2022, September 18 from <https://statistikguru.de/lexikon/generalized-estimating-equations-gee.html>
- Herz, R. S. (2016). The role of odor-evoked memory in psychological and physiological health. *Brain Sciences*, 6(3), 22. doi:10.3390/brainsci6030022
- Hick, C., & Hick, A. (2013). *mediscript Kurzlehrbuch Physiologie* (7 ed.). München: Urban & Fischer in Elsevier.

- Hierl, K., Croy, I., & Schäfer, L. (2021). Body Odours Sampled at Different Body Sites in Infants and Mothers-A Comparison of Olfactory Perception. *Brain Sciences*, 11(6), 820. doi:10.3390/brainsci11060820
- Hill, E., Berthoz, S., & Frith, U. (2004). Brief Report: Cognitive Processing of Own Emotions in Individuals with Autistic Spectrum Disorder and in Their Relatives. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(2), 229-235. doi:10.1023/B:JADD.0000022613.41399.14
- Hirstein, W., Iversen, P., & Ramachandran, V. (2001). Autonomic responses of autistic children to people and objects. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1479), 1883-1888. doi:10.1098/rspb.2001.1724
- Hold, B., & Schleidt, M. (1977). The importance of human odour in non-verbal communication. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 43(3), 225-238. doi:10.1111/j.1439-0310.1977.tb00072.x
- Howlin, P. (2000). Outcome in adult life for more able individuals with autism or Asperger syndrome. *Autism*, 4(1), 63-83. doi:10.1177/1362361312441266
- Howlin, P., Goode, S., Hutton, J., & Rutter, M. (2004). Adult outcome for children with autism. *Journal of child psychology and psychiatry*, 45(2), 212-229. doi:10.1111/j.1469-7610.2004.00215.x
- Hubbard, K. L., Anderson, S. E., Curtin, C., Must, A., & Bandini, L. G. (2014). A comparison of food refusal related to characteristics of food in children with autism spectrum disorder and typically developing children. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 114(12), 1981-1987. doi:10.1016/j.jand.2014.04.017
- Hudson, R. (1999). From molecule to mind: the role of experience in shaping olfactory function. *Journal of Comparative Physiology A*, 185(4), 297-304. doi:10.1007/s003590050390
- Hummel, T., Kobal, G., Gudziol, H., & Mackay-Sim, A. (2007). Normative data for the "Sniffin' Sticks" including tests of odor identification, odor discrimination, and olfactory thresholds: an upgrade based on a group of more than 3,000 subjects. *European Archives of Oto-rhino-laryngology*, 264(3), 237-243. doi:10.1007/s00405-006-0173-0
- Hummel, T., Sekinger, B., Wolf, S. R., Pauli, E., & Kobal, G. (1997). 'Sniffin' sticks': olfactory performance assessed by the combined testing of odor identification, odor discrimination and olfactory threshold. *Chemical Senses*, 22(1), 39-52. doi:10.1093/chemse/22.1.39
- Hussain, J. N., Mantri, N., & Cohen, M. M. (2017). Working Up a Good Sweat - The Challenges of Standardising Sweat Collection for Metabolomics Analysis. *Clinical Biochemist Reviews*, 38(1), 13-34. doi:10.1016/j.ctim.2021.102798
- Hüttenbrink, K. B. (1997). Disorders of smell and taste. Standard and recent methods in diagnosis and therapy. *Laryngorhinootologie*, 76(8), 506-514. doi:10.1055/s-2007-997469
- Jacob, S., Hayreh, D. J., & McClintock, M. K. (2001). Context-dependent effects of steroid chemosignals on human physiology and mood. *Physiology & Behavior*, 74(1-2), 15-27. doi:10.1016/s0031-9384(01)00537-6

- James, A. G., Austin, C. J., Cox, D. S., Taylor, D., & Calvert, R. (2013). Microbiological and biochemical origins of human axillary odour. *FEMS Microbiology Ecology*, 83(3), 527-540. doi:10.1111/1574-6941.12054
- Jones, A. P., Happé, F. G., Gilbert, F., Burnett, S., & Viding, E. (2010). Feeling, caring, knowing: different types of empathy deficit in boys with psychopathic tendencies and autism spectrum disorder. *Journal of child psychology and psychiatry*, 51(11), 1188-1197. doi:10.1111/j.1469-7610.2010.02280.x
- Kadohisa, M. (2013). Effects of odor on emotion, with implications. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 7, 66. doi:10.3389/fnsys.2013.00066
- Kamiloglu, R. G., Smeets, M. A. M., de Groot, J. H. B., & Semin, G. R. (2018). Fear Odor Facilitates the Detection of Fear Expressions Over Other Negative Expressions. *Chemical Senses*, 43(6), 419-426. doi:10.1093/chemse/bjy029
- Katotomichelakis, M., Balatsouras, D., Tripsianis, G., Davris, S., Maroudias, N., Danielides, V., & Simopoulos, C. (2007). The effect of smoking on the olfactory function. *Rhinology*, 45(4), 273-280. doi:10.4193/Rhin07.1
- Kinnaird, E., Stewart, C., & Tchanturia, K. (2019). Investigating alexithymia in autism: a systematic review and meta-analysis. *European Psychiatry*, 55, 80-89. doi:10.1016/j.eurpsy.2018.09.004
- Kipman, U. (2021). Asperger. In U. Kipman (Ed.), *Häufige Störungsbilder bei Kindern und Jugendlichen: Diagnostik und Fördermöglichkeiten* (pp. 39-58). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Klin, A., Jones, W., Schultz, R., Volkmar, F., & Cohen, D. (2002). Visual Fixation Patterns During Viewing of Naturalistic Social Situations as Predictors of Social Competence in Individuals With Autism. *Archives of General Psychiatry*, 59(9), 809-816. doi:10.1001/archpsyc.59.9.809
- Kohli, P., Soler, Z. M., Nguyen, S. A., Muus, J. S., & Schlosser, R. J. (2016). The Association Between Olfaction and Depression: A Systematic Review. *Chemical Senses*, 41(6), 479-486. doi:10.1093/chemse/bjw061
- Krone, F., Gudziol, V., & Hummel, T. (2011). Der Geruchssinn. *Ernährung & Medizin*, 26(03), 120-123. doi:10.1055/s-0031-1286129
- Labows, J. N. (1982). Perspectives on axillary odor. *Journal of the Society of Cosmetic Chemists*, 33(4), 193-202.
- Landis, B. N., Konnerth, C. G., & Hummel, T. (2004). A study on the frequency of olfactory dysfunction. *The Laryngoscope*, 114(10), 1764-1769. doi:10.1097/00005537-200410000-00017
- Lane, A. E., Molloy, C. A., & Bishop, S. L. (2014). Classification of children with autism spectrum disorder by sensory subtype: a case for sensory-based phenotypes. *Autism Research*, 7(3), 322-333. doi:10.1002/aur.1368
- Lane, A. E., Young, R. L., Baker, A. E., & Angley, M. T. (2010). Sensory processing subtypes in autism: association with adaptive behavior. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 40(1), 112-122. doi:10.1007/s10803-009-0840-2
- Laux, L., Glanzmann, P., Schaffner, P., & Spielberger, C. (1981). Das State-Trait-Angstinventar (Testmappe mit Handanweisung, Fragebogen STAI-G Form X 1 und Fragebogen STAI-G Form X 2). In. Weinheim: Beltz Testgesellschaft.

- Leekam, S. R., Nieto, C., Libby, S. J., Wing, L., & Gould, J. (2007). Describing the sensory abnormalities of children and adults with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *37*(5), 894-910. doi:10.1007/s10803-006-0218-7
- Leiner, D. J. (2016). SoSci Survey (Version 3.1.06). Retrieved from <https://www.soscisurvey.de>
- Lenochova, P., & Havlicek, J. (2008). Human body odour individuality. In *Chemical Signals in Vertebrates 11* (pp. 189-198). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Lenochova, P., Roberts, S. C., & Havlicek, J. (2009). Methods of human body odor sampling: the effect of freezing. *Chemical Senses*, *34*(2), 127-138. doi:10.1093/chemse/bjn067
- Lenochová, P., Vohnoutova, P., Roberts, S. C., Oberzaucher, E., Grammer, K., & Havlíček, J. (2012). Psychology of fragrance use: perception of individual odor and perfume blends reveals a mechanism for idiosyncratic effects on fragrance choice. *Public Library of Science Plos one*, *7*(3), e33810. doi:10.1371/journal.pone.0033810
- Lithari, C., Frantidis, C., Papadelis, C., Vivas, A. B., Klados, M., Kourtidou-Papadeli, C., Pappas, C., Ioannides, A., & Bamidis, P. (2010). Are females more responsive to emotional stimuli? A neurophysiological study across arousal and valence dimensions. *Brain topography*, *23*(1), 27-40. doi:10.1007/s10548-009-0130-5
- Lombion, S., Bechetoille, B., Nezelof, S., & Millot, J. L. (2010). Odor perception in alexithymic patients. *Psychiatry Research*, *177*(1-2), 135-138. doi:10.1016/j.psychres.2009.01.018
- Lord, C., Rutter, M., DiLavore, P., Risi, S., Gotham, K., & Bishop, S. (2012). Autism diagnostic observation schedule—2nd edition (ADOS-2). In (Vol. 284, pp. 474-478). Los Angeles, CA: Western Psychological Corporation.
- Lötsch, J., Knothe, C., Lippmann, C., Ultsch, A., Hummel, T., & Walter, C. (2015). Olfactory drug effects approached from human-derived data. *Drug Discovery Today*, *20*(11), 1398-1406. doi:10.1016/j.drudis.2015.06.012
- Luisier, A. C., Petitpierre, G., Ferdenzi, C., Clerc Berod, A., Giboreau, A., Rouby, C., & Bensafi, M. (2015). Odor Perception in Children with Autism Spectrum Disorder and its Relationship to Food Neophobia. *Frontiers in Psychology*, *6*, 1830. doi:10.3389/fpsyg.2015.01830
- Lundström, J. N., Boyle, J. A., Zatorre, R. J., & Jones-Gotman, M. (2008). Functional neuronal processing of body odors differs from that of similar common odors. *Cerebral Cortex*, *18*(6), 1466-1474. doi:10.1093/cercor/bhm178
- Maimburg, R., & Vaeth, M. (2006). Perinatal risk factors and infantile autism. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, *114*(4), 257-264. doi:10.1111/j.1600-0447.2006.00805.x
- Martins, Y., Preti, G., Crabtree, C. R., Runyan, T., Vainius, A. A., & Wysocki, C. J. (2005). Preference for human body odors is influenced by gender and sexual orientation. *Psychological Science*, *16*(9), 694-701. doi:10.1111/j.1467-9280.2005.01598.x

- Mathôt, S., Schreij, D., & Theeuwes, J. (2012). OpenSesame: An open-source, graphical experiment builder for the social sciences. *Behavior Research Methods*, 44(2), 314-324. doi:10.3758/s13428-011-0168-7
- Menco, B. P. M., & Morrison, E. E. (2003). Morphology of the mammalian olfactory epithelium: form, fine structure, function, and pathology. *Neurological Disease and Therapy*, 57, 17-50. doi:10.1201/9780203911457.CH2
- Mertens, J., Zane, E. R., Neumeyer, K., & Grossman, R. (2017). How anxious do you think I am? Relationship between state and trait anxiety in children with and without ASD during social tasks. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 47(12), 3692-3703. doi:10.1007/s10803-016-2979-y
- Mitro, S., Gordon, A. R., Olsson, M. J., & Lundström, J. N. (2012). The smell of age: perception and discrimination of body odors of different ages. *Public Library of Science Plos one*, 7(5), e38110. doi:10.1371/journal.pone.0038110
- Moll, I. (2016). *Duale Reihe Dermatologie* (8 ed.), 15-27. Stuttgart: Thieme
- Moran, D. T., Rowley, J. C., Jafek, B. W., & Lovell, M. A. (1982). The fine structure of the olfactory mucosa in man. *Journal of Neurocytology*, 11(5), 721-746. doi:10.1007/BF01153516
- Moskowitz, H. R., Dravnieks, A., & Klarman, L. A. (1976). Odor intensity and pleasantness for a diverse set of odorants. *Perception & Psychophysics*, 19(2), 122-128. doi:10.3758/BF03204218
- Muratore, A., Virzi, N., & Lowe, M. (2020). Heart Rate Variability and Sympathovagal Balance as a Metric of Hedonic Hunger. *Biological Psychiatry*, 87(9), 180. doi:10.1016/j.biopsych.2020.02.473
- Mutic, S., Brunner, Y. F., Rodriguez-Raecke, R., Wiesmann, M., & Freiherr, J. (2017). Chemosensory danger detection in the human brain: Body odor communicating aggression modulates limbic system activation. *Neuropsychologia*, 99, 187-198. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2017.02.018
- Negoias, S., Hummel, T., Symmank, A., Schellong, J., Joraschky, P., & Croy, I. (2016). Olfactory bulb volume predicts therapeutic outcome in major depression disorder. *Brain imaging and behavior*, 10(2), 367-372. doi:10.1007/s11682-015-9400-x
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113. doi:10.1016/0028-3932(71)90067-4
- Oleszkiewicz, A., Schriever, V. A., Croy, I., Hähner, A., & Hummel, T. (2019). Updated Sniffin' Sticks normative data based on an extended sample of 9139 subjects. *European Archives of Oto-rhino-laryngology*, 276(3), 719-728. doi:10.1007/s00405-018-5248-1
- Olsson, M. J., Lundstrom, J. N., Kimball, B. A., Gordon, A. R., Karshikoff, B., Hosseini, N., Sorjonen, K., Olgart Hoglund, C., Solares, C., Soop, A., Axelsson, J., & Lekander, M. (2014). The scent of disease: human body odor contains an early chemosensory cue of sickness. *Psychological Science*, 25(3), 817-823. doi:10.1177/0956797613515681

- Orekhova, E., & Stroganova, T. (2014). Arousal and attention re-orienting in autism spectrum disorders: evidence from auditory event-related potentials. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*, 34. doi:10.3389/fnhum.2014.00034
- Oren, C., & Shamay-Tsoory, S. G. (2019). Women's Body Odor during Ovulation Improves Social Perception in Single Men. *Chemical Senses*, *44*(9), 653-662. doi:10.1093/chemse/bjz053
- Parma, V., Bulgheroni, M., Tirindelli, R., & Castiello, U. (2013). Body odors promote automatic imitation in autism. *Biological Psychiatry*, *74*(3), 220-226. doi:10.1016/j.biopsych.2013.01.010
- Parma, V., Bulgheroni, M., Tirindelli, R., & Castiello, U. (2014). Facilitation of action planning in children with autism: the contribution of the maternal body odor. *Brain and Cognition*, *88*, 73-82. doi:10.1016/j.bandc.2014.05.002
- Parma, V., Redolfi, N., Alho, L., Rocha, M., Ferreira, J., Silva, C., & Soares, S. (2019). Ethnic influences on the perceptual properties of human chemosignals. *Physiology & Behavior*, *210*, 112544. doi:10.1016/j.physbeh.2019.05.005
- Pause, B. M. (2012). Processing of Body Odor Signals by the Human Brain. *Chemosensory Perception*, *5*(1), 55-63. doi:10.1007/s12078-011-9108-2
- Pause, B. M., Adolph, D., Prehn-Kristensen, A., & Ferstl, R. (2009). Startle response potentiation to chemosensory anxiety signals in socially anxious individuals. *International Journal of Psychophysiology*, *74*(2), 88-92. doi:10.1016/j.ijpsycho.2009.07.008
- Pause, B. M., Raack, N., Sojka, B., Göder, R., Aldenhoff, J. B., & Ferstl, R. (2003). Convergent and divergent effects of odors and emotions in depression. *Psychophysiology*, *40*(2), 209-225. doi:10.1111/1469-8986.00023
- Pellegrino, R., Sinding, C., de Wijk, R. A., & Hummel, T. (2017). Habituation and adaptation to odors in humans. *Physiology & Behavior*, *177*, 13-19. doi:10.1016/j.physbeh.2017.04.006
- Penn, D. J., Oberzaucher, E., Grammer, K., Fischer, G., Soini, H. A., Wiesler, D., Novotny, M. V., Dixon, S. J., Xu, Y., & Brereton, R. G. (2007). Individual and gender fingerprints in human body odour. *Journal of the Royal Society Interface*, *4*(13), 331-340. doi:10.1098/rsif.2006.0182
- Pereira, L., Grave, J., Noll, J., Derntl, B., Soares, S. C., Brás, S., & Sebastião, R. (2023). Characterisation of Physiological Responses to Odours in Autism Spectrum Disorders: A Preliminary Study. *Applied Sciences*, *13*(3), 1970. doi:10.3390/app13031970
- Pinto, G., Carvalho, J. M., Barros, F., Soares, S. C., Pinho, A. J., & Brás, S. (2020). Multimodal Emotion Evaluation: A Physiological Model for Cost-Effective Emotion Classification. *Sensors*, *20*(12), 3510. doi:10.3390/s20123510
- Porter, R. H., Balogh, R. D., Cernoch, J. M., & Franchi, C. (1986). Recognition of kin through characteristic body odors. *Chemical Senses*, *11*(3), 389-395. doi:10.1093/chemse/11.3.389
- Poustka, L., Rühl, D., Feineis-Matthews, S., Poustka, F., Hartung, M., & Bölte, S. (2015). *Diagnostische Beobachtungsskala für Autistische Störungen -*

- 2: *Deutschsprachige Fassung der Autism Diagnostic Observation Schedule - 2 von C. Lord, M. Rutter, P.C. DiLavore, S. Risi, K. Gotham und S.L. Bishop (Module 1-4) und C. Lord, R.J. Luyster, K. Gotham und W. Guthrie (Kleinkind-Modul) (1 ed.)*. Wien: Hogrefe
- Prehn-Kristensen, A., Wiesner, C., Bergmann, T. O., Wolff, S., Jansen, O., Mehdorn, H. M., Ferstl, R., & Pause, B. M. (2009). Induction of empathy by the smell of anxiety. *Public Library of Science Plos one*, 4(6), e5987. doi:10.1371/journal.pone.0005987
- Regenbogen, C., Axelsson, J., Lasselin, J., Porada, D. K., Sundelin, T., Peter, M. G., Lekander, M., Lundström, J. N., & Olsson, M. J. (2017). Behavioral and neural correlates to multisensory detection of sick humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(24), 6400-6405. doi:10.1073/pnas.1617357114
- Roberts, S. C., Gosling, L. M., Spector, T. D., Miller, P., Penn, D. J., & Petrie, M. (2005). Body odor similarity in noncohabiting twins. *Chemical Senses*, 30(8), 651-656. doi:10.1093/chemse/bji058
- Rocha, M., Parma, V., Lundström, J., & Soares, S. (2018). Anxiety Body Odors as Context for Dynamic Faces: Categorization and Psychophysiological Biases. *Perception*, 47(10-11), 1054–1069. doi:10.1177/0301006618797227
- Rozenkrantz, L., Zachor, D., Heller, I., Plotkin, A., Weissbrod, A., Snitz, K., Secundo, L., & Sobel, N. (2015). A mechanistic link between olfaction and autism spectrum disorder. *Current biology*, 25(14), 1904-1910. doi:10.1016/j.cub.2015.05.048
- Rozin, P., Fallon, A., & Augustoni-Ziskind, M. (1985). The child's conception of food: The development of contamination sensitivity to "disgusting" substances. *Developmental Psychology*, 21(6), 1075. doi:10.1037/0012-1649.21.6.1075
- Rubin, D., Botanov, Y., Hajcak, G., & Mujica-Parodi, L. R. (2011). Second-hand stress: inhalation of stress sweat enhances neural response to neutral faces. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 7(2), 208-212. doi:10.1093/scan/nsq097
- Rumeau, C., Nguyen, D. T., & Jankowski, R. (2016). How to assess olfactory performance with the Sniffin' Sticks test®. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 133(3), 203-206. doi:10.1016/j.anorl.2015.08.004
- Russell-Smith, S. N., Maybery, M. T., & Bayliss, D. M. (2011). Relationships between autistic-like and schizotypy traits: An analysis using the Autism Spectrum Quotient and Oxford-Liverpool Inventory of Feelings and Experiences. *Personality and Individual Differences*, 51(2), 128-132. doi:10.1016/j.paid.2011.03.027
- Schaal, B., Marlier, L., & Soussignan, R. (1995). Responsiveness to the odour of amniotic fluid in the human neonate. *Neonatology*, 67(6), 397-406. doi:10.1159/000244192
- Schablitzky, S., & Pause, B. M. (2014). Sadness might isolate you in a non-smelling world: olfactory perception and depression. *Frontiers in psychology*, 5, 45. doi:10.3389/fpsyg.2014.00045

- Schäfer, R., & Franz, M. (2009). Alexithymie — ein aktuelles Update aus klinischer, neurophysiologischer und entwicklungspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Psychosomatische Medizin und Psychotherapie*, 55(4), 328-353. doi:10.13109/zptm.2009.55.4.328
- Schiffman, S. S. (2018). Influence of medications on taste and smell. *World Journal of Otorhinolaryngology - Head and Neck Surgery*, 4(1), 84-91. doi:10.1016/j.wjorl.2018.02.005
- Schonauer, K., Klar, M., Kehrer, H., & Arolt, V. (2001). Lebenswege frühkindlicher Autisten im Erwachsenenalter. *Fortschritte der Neurologie-Psychiatrie*, 69(05), 221-235. doi:10.1055/s-2001-13933
- Sergeant, M. J. (2010). Female perception of male body odor. *Vitamins and Hormones*, 83, 25-45. doi:10.1016/s0083-6729(10)83002-x
- Seubert, J., Regenbogen, C., Habel, U., & Lundström, J. N. (2017). *Springer handbook of odor - Behavioral and Neural Determinants of Odor Valence Perception*, 769-786. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Silva, F., Gomes, N., Korb, S., & Semin, G. R. (2020). Not All Emotions Are Equal: Fear Chemosignals Lower Awareness Thresholds Only for Fearful Faces. *Chemical Senses*, 45(7), 601-608. doi:10.1093/chemse/bjaa047
- Simmons, D. R., Robertson, A. E., McKay, L. S., Toal, E., McAleer, P., & Pollick, F. E. (2009). Vision in autism spectrum disorders. *Vision research*, 49(22), 2705-2739. doi:10.1016/j.visres.2009.08.005
- Simonoff, E., Pickles, A., Charman, T., Chandler, S., Loucas, T., & Baird, G. (2008). Psychiatric disorders in children with autism spectrum disorders: prevalence, comorbidity, and associated factors in a population-derived sample. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 47(8), 921-929. doi:10.1097/CHI.0b013e318179964f
- Smeets, M. A. M., Rosing, E. A. E., Jacobs, D. M., van Velzen, E., Koek, J. H., Blonk, C., Gortemaker, I., Eidhof, M. B., Markovitch, B., de Groot, J., & Semin, G. R. (2020). Chemical Fingerprints of Emotional Body Odor. *Metabolites*, 10(3), 84. doi:10.3390/metabo10030084
- Smith, T. D., & Bhatnagar, K. P. (2019). Anatomy of the olfactory system. *Handbook of Clinical Neurology*, 164, 17-28. doi:10.1016/b978-0-444-63855-7.00002-2
- Spielberger, C. D. (1970). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R., Lushene, R., Vagg, P., & Jacobs, G. (1983). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Form Y)* In. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- Steinbach, S., Hundt, W., & Zahnert, T. (2008). Der Riechsinn im alltäglichen Leben. *Laryngo-rhino-otologie*, 87(09), 657-672. doi:10.1055/s-0028-1082074
- Stevenson, R. J. (2010). An initial evaluation of the functions of human olfaction. *Chemical Senses*, 35(1), 3-20. doi:10.1093/chemse/bjp083
- Stokes, M., Newton, N., & Kaur, A. (2007). Stalking, and social and romantic functioning among adolescents and adults with autism spectrum disorder. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(10), 1969-1986. doi:10.1007/s10803-006-0344-2

- Suzuki, Y., Critchley, H. D., Rowe, A., Howlin, P., & Murphy, D. G. (2003). Impaired olfactory identification in Asperger's syndrome. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, *15*(1), 105-107. doi:10.1176/jnp.15.1.105
- Tavassoli, T., & Baron-Cohen, S. (2012). Olfactory detection thresholds and adaptation in adults with autism spectrum condition. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*(6), 905-909. doi:10.1007/s10803-011-1321-y
- Tavassoli, T., & Baron-Cohen, S. (2012). Taste identification in adults with autism spectrum conditions. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *42*, 1419-1424. doi:10.1007/s10803-011-1377-8
- Tavassoli, T., Miller, L. J., Schoen, S. A., Nielsen, D. M., & Baron-Cohen, S. (2014). Sensory over-responsivity in adults with autism spectrum conditions. *Autism*, *18*(4), 428-432. doi:10.1177/1362361313477246
- Thomas, E. (2024). Why critical psychology and the neurodiversity movement need each other. *Frontiers in Psychology*, *15*, 1149743. doi:10.3389/fpsyg.2024.1149743
- Toet, A., Eijsman, S., Liu, Y., Donker, S., Kaneko, D., Brouwer, A.-M., & van Erp, J. B. (2020). The relation between valence and arousal in subjective odor experience. *Chemosensory Perception*, *13*(2), 141-151. doi:10.1007/s12078-019-09275-7
- Tognetti, A., Sarolidou, G., Lasselín, J., Lekander, M., Olsson, M. J., & Lundström, J. N. (2021). Acute Systemic Experimental Inflammation Does Not Reduce Human Odor Identification Performance. *Chemical Senses*, *46*. doi:10.1093/chemse/bjab004
- Tomchek, S. D., & Dunn, W. (2007). Sensory processing in children with and without autism: a comparative study using the short sensory profile. *The American journal of occupational therapy*, *61*(2), 190-200. doi:10.5014/ajot.61.2.190
- Trepel, M. (2015). *Neuroanatomie: Struktur und Funktion* (6 ed.). München: Elsevier.
- Wedekind, C., Seebeck, T., Bettens, F., & Paepke, A. J. (1995). MHC-dependent mate preferences in humans. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *260*(1359), 245-249. doi:10.1098/rspb.1995.0087
- Will, M. N., Currans, K., Smith, J., Weber, S., Duncan, A., Burton, J., Kroeger-Geoppinger, K., Miller, V., Stone, M., Mays, L., Luebrecht, A., Heeman, A., Erickson, C., & Anixt, J. (2018). Evidenced-Based Interventions for Children With Autism Spectrum Disorder. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, *48*(10), 234-249. doi:10.1016/j.cppeds.2018.08.014
- Winston, J. S., Gottfried, J. A., Kilner, J. M., & Dolan, R. J. (2005). Integrated neural representations of odor intensity and affective valence in human amygdala. *Journal of Neuroscience*, *25*(39), 8903-8907. doi:10.1523/JNEUROSCI.1569-05.2005
- Wittchen, H.-U., Wunderlich, U., Gruschwitz, S., & Zaudig, M. (1997). *SKID-I Strukturiertes klinisches Interview für DSM-IV. Achse I und Achse II*. Göttingen, Germany: Hogrefe.

- Woodbury-Smith, M. R., Robinson, J., Wheelwright, S., & Baron-Cohen, S. (2005). Screening adults for Asperger Syndrome using the AQ: a preliminary study of its diagnostic validity in clinical practice. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 35(3), 331-335. doi:10.1007/s10803-005-3300-7
- Wysocki, C. J., & Preti, G. (2004). Facts, fallacies, fears, and frustrations with human pheromones. *The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology: An Official Publication of the American Association of Anatomists*, 281(1), 1201-1211. doi:10.1002/1932-8494
- Xu, G., Jing, J., Bowers, K., Liu, B., & Bao, W. (2014). Maternal diabetes and the risk of autism spectrum disorders in the offspring: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 44(4), 766-775. doi:10.1007/s10803-013-1928-2
- Yeshurun, Y., & Sobel, N. (2010). An odor is not worth a thousand words: from multidimensional odors to unidimensional odor objects. *Annual review of psychology*, 61, 219-241. doi:10.1146/annurev.psych.60.110707.163639
- Zhou, W., & Chen, D. (2009). Fear-related chemosignals modulate recognition of fear in ambiguous facial expressions. *Psychological Science*, 20(2), 177-183. doi:10.1111/j.1467-9280.2009.02263.x
- Zhou, W., & Chen, D. (2011). Entangled chemosensory emotion and identity: Familiarity enhances detection of chemosensorily encoded emotion. *Social Neuroscience*, 6(3), 270-276. doi:10.1080/17470919.2010.523537
- Zukerman, G., Yahav, G., & Ben-Itzhak, E. (2019). Diametrically opposed associations between academic achievement and social anxiety among university students with and without autism spectrum disorder. *Autism Research*, 12(9), 1376-1385. doi:10.1002/aur.2129

7 Anhang

Tabelle 5 Durchschnittliche Bewertungen des emotionalen Zustands vor (1) und nach (2) der Emotionsinduktion durch die Filmkategorien A (Horrorfilme, negativ), B (Komödien, positiv) und C (Dokumentarfilme, neutral) während der Körpergeruchsgewinnung

Filmkategorie A		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mdn</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Ängstlichkeit	(1)	5.08	5.83	2.50	0.00	18.80
	(2)	30.24	27.12	24.60	0.00	85.40
Nervosität	(1)	10.39	13.88	5.10	0.00	41.40
	(2)	36.77	28.97	39.20	0.00	80.20
Stress	(1)	11.50	11.96	7.20	0.00	40.80
	(2)	54.42	25.78	60.50	5.20	89.00
Freude	(1)	63.13	19.56	63.70	19.60	89.80
	(2)	42.68	21.31	47.10	7.20	79.00
Filmkategorie B		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mdn</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Ängstlichkeit	(1)	4.84	4.41	3.40	0.00	15.60
	(2)	1.21	2.53	0.60	0.00	11.20
Nervosität	(1)	13.14	13.36	9.40	0.00	47.20
	(2)	3.56	5.01	1.20	0.00	15.60
Stress	(1)	17.73	14.39	15.80	0.00	48.40
	(2)	7.95	9.47	4.80	0.00	26.80
Freude	(1)	58.11	22.84	62.20	2.20	89.60
	(2)	71.69	17.08	76.60	32.20	98.80
Filmkategorie C		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Mdn</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
Ängstlichkeit	(1)	9.07	12.30	1.80	0.00	42.00
	(2)	1.57	3.23	0.00	0.00	12.80
Nervosität	(1)	14.32	16.45	10.00	0.00	65.40
	(2)	1.87	3.38	0.00	0.00	12.60
Stress	(1)	13.51	11.42	10.80	0.80	42.80
	(2)	7.04	10.59	1.60	0.00	39.80
Freude	(1)	63.59	18.89	66.00	10.00	88.40
	(2)	66.73	18.49	69.20	28.20	96.00

Anmerkung. Min = Minimum. Max = Maximum. M = Mittelwert. SD = Standardabweichung. Mdn = Median.

Tabelle 6 Ergebnisse der psychometrischen Fragebögen der Geruchspräsentation der Teilnehmenden mit Autismus-Spektrum-Störung (ASS) und der Kontrollgruppe (KG)

Fragebögen		ASS	KG
		(<i>n</i> = 11)	(<i>n</i> = 40)
TAS-20	<i>M</i>	52.82	38.73
	<i>SD</i>	14.81	10.18
	<i>Mdn</i>	51.00	36.50
	<i>Min</i>	33.00	22.00
	<i>Max</i>	82.00	62.00
BDI-II	<i>M</i>	11.27	2.78
	<i>SD</i>	7.53	2.90
	<i>Mdn</i>	11.00	2.00
	<i>Min</i>	0.00	0.00
	<i>Max</i>	29.00	9.00
AQ	<i>M</i>	107.91	50.90
	<i>SD</i>	13.86	9.83
	<i>Mdn</i>	109.00	51.00
	<i>Min</i>	79.00	32.00
	<i>Max</i>	129.00	71.00
ADOS-2		(<i>n</i> = 8 ^c)	-
Algorithmus-Score 1 ^a	<i>M</i>	6.13	-
	<i>SD</i>	3.95	-
	<i>Mdn</i>	6.00	-
	<i>Min</i>	1.00	-
	<i>Max</i>	14.00	-
Algorithmus-Score 2 ^b	<i>M</i>	1.88	-
	<i>SD</i>	0.99	-
	<i>Mdn</i>	1.50	-
	<i>Min</i>	1.00	-
	<i>Max</i>	3.00	-

Fragebögen		ASS (n = 11)	KG (n = 40)
STAI-T	<i>M</i>	47.64	36.40
	<i>SD</i>	10.02	6.38
	<i>Mdn</i>	50.00	35.50
	<i>Min</i>	35.00	26.00
	<i>Max</i>	65.00	51.00
STAI-S	<i>M</i>	38.64	31.55
	<i>SD</i>	9.65	5.43
	<i>Mdn</i>	37.00	31.50
	<i>Min</i>	27.00	20.00
	<i>Max</i>	59.00	42.00

Anmerkung. *n* = Stichprobengröße. *M* = Mittelwert. *SD* = Standardabweichung. *Mdn* = Median. *Min* = Minimum. *Max* = Maximum. TAS-20 = Toronto-Alexithymie-Skala-20. BDI-II = revidierte Version des Beck-Depressions-Inventars. AQ = Autismus-Spektrum-Quotient. ADOS-2 = Diagnostische Beobachtungsskala für Autistische Störungen - 2. STAI-S oder -T = State-Trait-Anxiety Inventory.

^a Soziale Interaktion und Kommunikation. ^b Vorstellungsvermögen, Kreativität, restriktive und repetitive Verhaltensweisen. ^c Davon zwei Frauen.

Tabelle 7 Riechperformance der Teilnehmenden mit Autismus-Spektrum-Störung (ASS) und der Kontrollgruppe (KG), erhoben mittels Sniffin' Sticks Test (3 Subtests: Schwellen-, Diskriminations- und Identifikationstest)

Sniffin' Sticks Test		ASS (<i>n</i> = 11)	KG (<i>n</i> = 40)
Schwellentest	<i>M</i>	5.98	7.87
	<i>SD</i>	1.66	1.86
	<i>Mdn</i>	5.25	7.63
	<i>Min</i>	3.75	4.25
	<i>Max</i>	8.50	13.00
Diskriminationstest	<i>M</i>	11.45	12.90
	<i>SD</i>	2.42	1.57
	<i>Mdn</i>	11.00	13.00
	<i>Min</i>	9.00	8.00
	<i>Max</i>	16.00	16.00
Identifikationstest	<i>M</i>	12.55	13.58
	<i>SD</i>	1.37	1.32
	<i>Mdn</i>	13.00	14.00
	<i>Min</i>	10.00	10.00
	<i>Max</i>	15.00	16.00
Gesamtwert	<i>M</i>	29.98	34.34
	<i>SD</i>	4.64	2.80
	<i>Mdn</i>	27.75	33.38
	<i>Min</i>	26.25	30.75
	<i>Max</i>	39.50	43.00

Anmerkung. *n* = Stichprobengröße. *M* = Mittelwert. *SD* = Standardabweichung. *Mdn* = Median. *Min* = Minimum. *Max* = Maximum.

Tabelle 8 Stimmung der Teilnehmenden mit Autismus-Spektrum-Störung (ASS) und der Kontrollgruppe (KG) zwischen den vier Blöcken der Geruchspräsentation (gemessen mittels visueller Analogskala von 0 bis 100)

Stimmung der Teilnehmenden	ASS (<i>n</i> = 11)	KG (<i>n</i> = 40)
„wütend“		
<i>M</i>	2.00	1.23
<i>SD</i>	3.50	2.76
<i>Mdn</i>	0.60	0.05
<i>IQA</i>	1.15	1.80
„gelassen“		
<i>M</i>	72.75	86.12
<i>SD</i>	24.50	10.48
<i>Mdn</i>	87.85	81.45
<i>IQA</i>	13.29	30.45
„angeekelt“		
<i>M</i>	0.85	1.91
<i>SD</i>	1.70	3.79
<i>Mdn</i>	0.00	0.25
<i>IQA</i>	0.70	2.46
„ängstlich“		
<i>M</i>	4.50	1.46
<i>SD</i>	7.00	3.28
<i>Mdn</i>	0.95	0.58
<i>IQA</i>	12.80	1.85
„freudig“		
<i>M</i>	68.00	73.64
<i>SD</i>	23.75	15.38
<i>Mdn</i>	69.95	71.90
<i>IQA</i>	43.25	20.74

Anmerkung. *n* = Stichprobengröße. *M* = Mittelwert. *SD* = Standardabweichung. *Mdn* = Median. *IQA* = Interquartilsabstand.

8 Erklärung zum Eigenanteil

Diese Arbeit wurde am Universitätsklinikum Tübingen, Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie, in der Arbeitsgruppe für innovative hirnfunktionelle Verfahren unter der Betreuung von Prof. Dr. Birgit Derntl durchgeführt.

Die Konzeption der Studie und die Studienplanung erfolgten in Zusammenarbeit mit Prof. Sandra Soares, Prof. Dr. Birgit Derntl, Prof. Dr. Dirk Wildgruber und Joana Grave als Kooperationsprojekt mit der Universität Aveiro in Portugal. Die Erstellung des Ethikantrags sowie die Auswahl der Fragebögen erfolgten maßgeblich durch Joana Grave und Prof. Dr. Birgit Derntl unter Mithilfe von Dr. Jonas Hornung und mir. Die Planung und Vorbereitung der experimentellen Abläufe erfolgten durch Joana Grave und mich. Die Rekrutierung, zeitliche Planung der Experimente und der Kontakt zu den Teilnehmenden erfolgte maßgeblich durch mich. Der Kontakt zur klinischen Gruppe wurde durch Herrn Prof. Dr. Dirk Wildgruber vermittelt. Bezüglich der Auswahl der richtigen Geruchsreize erhielt ich Unterstützung von Frau Prof. Dr. Jessica Freiherr. Die Zusammenstellung und Vorbereitung der nicht-sozialen Gerüche im Labor erfolgte durch mich. Die Voruntersuchungen und die Versuche der Körpergeruchsgewinnung wurden von Joana Grave und mir etwa zu gleichen Teilen durchgeführt. Die Voruntersuchungen und Versuche der Geruchspräsentation wurden etwa zur Hälfte durch mich und nach Anleitung durch mich zur Hälfte von Zoé Bürger und Dr. Julia Auer fortgeführt. Die Erhebung des ADOS-2 wurde durch Frau Prof. Dr. Birgit Derntl und Frau Dr. Lydia Kogler durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgte selbstständig durch mich nach Beratung durch das Institut für angewandte Biometrie durch Herrn Dr. Johann Jacoby.

Ich versichere, das Manuskript selbstständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den 16.03.2025

9 Veröffentlichungen

Folgende Veröffentlichungen basieren auf dem gleichen Datensatz der Studie:

Characterisation of Physiological Responses to Odours in Autism Spectrum Disorders: A Preliminary Study

L. Pereira, J. Grave, **J. Noll**, B. Derntl, S. C. Soares, S. Brás and R. Sebastião

Applied Sciences 2023 Vol. 13 Issue 3 Pages 1970

doi: 10.3390/app13031970

Subjective Responses to Emotional Body Odors and Common Odors in Autism-spectrum Disorders

J. Grave, **J. Noll**, F. Barros, L. Kogler, J. Freiherr, D. Wildgruber, S. C. Soares, B. Derntl

European Psychiatry 2021 Vol. 64 Issue S1 Pages S613-S613

doi: 10.1192/j.eurpsy.2021.1630

10 Danksagung

Zuallererst möchte ich Frau Prof. Dr. Birgit Derntl für die jahrelange Betreuung und Begleitung dieser Arbeit und meines wissenschaftlichen Weges danken. Ich möchte mich auch bei Joana Grave für die wertvolle Unterstützung, die gemeinsame Durchführung der Studie und den wissenschaftlichen Austausch bedanken. Außerdem möchte ich Zoé Bürger und Dr. Julia Auer für die Mithilfe bei der Datengewinnung und Frau Prof. Dr. Nieratschker und Herrn Gisbert Farger für die Bereitstellung der Laborräume danken. Ebenso möchte ich Frau Dr. Lydia Kogler für die Unterstützung bei Fragen und für die Durchführung des ADOS-2 danken. Für das Einbringen wertvoller experimenteller Erfahrung bezüglich der Körpergeruchsgewinnung danke ich Frau Prof. Sandra Soares und ihrem Team, einschließlich Frau Dr. Filipa Barros. Außerdem danke ich Herrn Prof. Dr. Wildgruber für die Herstellung des Kontaktes zur klinischen Gruppe und Frau Prof. Dr. Freiherr bezüglich der Beratung zur Auswahl der Gerüche.

Bei dieser Arbeit wurde die methodische Beratung des Instituts für Klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie der Universität Tübingen in Anspruch genommen. Für die Unterstützung möchte ich mich bei Herrn Dr. Johann Jacoby herzlich bedanken.

Außerdem möchte ich mich bei allen Versuchspersonen für ihre Teilnahme an der Studie bedanken, die für einige einen großen Aufwand bedeutete.

Nicht zuletzt danke ich vor allem meiner Familie, meinem Partner Leon Barut und meinen Freunden, insbesondere Dr. Leonie Paciello und Lisa Leusch, die mich immer unterstützt haben.