

Aus dem Institut für Sexualmedizin und Forensische Psychiatrie und Psychotherapie
(Direktorin: Prof. Dr. med. Aglaja Valentina Stirn)
im Zentrum für Integrative Psychiatrie
am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Erotisierte Vaterliebe?
Analyse der BOLD-Antwort auf Kindchenschema-Reize bei
teleiophilen und pädophilen Männern

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

Daniel Bruhn

aus Flensburg

Kiel 2019

1. Berichterstatter/in: Priv.-Doz. Dr. Dipl.-Psych. Jorge Ponseti, Institut für Sexualmedizin und Forensische Psychiatrie und Psychotherapie

2. Berichterstatter/in: Prof. Dr. Johanna Preuß-Wössner, Institut für Rechtsmedizin

Tag der mündlichen Prüfung: 17.02.2020

Zum Druck genehmigt, Kiel, den 09.12.2019

gez.: Prof. Dr. Johann Roider
(Vorsitzender des Ausschusses für Promotion)

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Übersicht.....	1
1.2 Hypothesenbildung	2
1.3 Hypothese der Arbeit	4
1.4 Allgemeine Erläuterungen.....	5
1.4.1 Pädophilie	5
1.4.2 Das Kindchenschema	8
1.4.3 Die Erkennung und Verarbeitung von Gesichtern	9
1.4.4 Verknüpfung von Pädophilie und Kindchenschema	10
2. Material und Methoden	15
2.1 Teilnehmer	15
2.2 Begutachtung.....	17
2.3 Stimuli	19
2.4 Bildakquisitionsparameter	20
2.5 Statistische Analyse	21
2.5.1 Statistische Analyse: Die Modellbildung.....	22
2.5.2 Hypothesentestung mittels des geschätzten GLM	23
2.5.3 Statistische Analyse: Die Vorverarbeitung	24
2.5.4 Statistische Analyse: First Level.....	26
2.5.5 Statistische Analyse: Second Level	26
3. Ergebnisse	30
3.1 Ergebnisse Rating.....	30
3.2 Ergebnisse fMRT-Untersuchung.....	32
3.2.1 Differenzieller Kontrast: Juvenile Tierreize im Gegensatz zu den adulten	32
3.2.2 Unterschiede in der Verarbeitung juveniler und adulter Tierbilder bei pädophilen Probanden.....	36
3.2.3 Unterschiede in der Verarbeitung juveniler und adulter Tierbilder bei teleiophilen Probanden	37
4. Diskussion	38
4.1 Allgemeine Erläuterungen.....	38
4.2 Erläuterung der statistischen Karten	38

4.2.1 Die anteriore Insula	39
4.2.2 Der supplementär-motorische Kortex.....	40
4.2.3 Der dorsolaterale präfrontale Kortex	40
4.3 Gedankenmodell der Entstehung von Pädophilie	41
4.4 Grenzen der Studie	42
5. Zusammenfassung	44
6. Literaturverzeichnis	46
7. Danksagung	54

1. Einleitung

1.1 Übersicht

Männer, bei denen ein sexuelles Interesse an Kindern (Pädophile) besteht, zeigten in vielen funktionellen Magnetresonanztomografie(fMRT)-Studien, dass bei ihnen eine erhöhte Aktivität in bestimmten Hirnarealen besteht, wenn sie Bilder nackter Kinder sehen, aber auch dann, wenn lediglich das Gesicht eines Kindes abgebildet wird. Dies führte uns zu der Hypothese, Pädophilie könnte - zusammen mit oder an Stelle von einem fehlfunktionierenden sexuellen System - mit einem überaktiven Brutpflegeverhaltenssystem vergesellschaftet sein. Da über die Hintergründe der Pädophilie bisher sehr wenig bekannt ist, könnte die Untersuchung dieser Hypothese zu einem besseren Verständnis der verursachenden Faktoren der Pädophilie führen.

Um unsere Hypothese zu testen, setzten wir in einer fMRT-Untersuchung eine pädophile und eine (teleiophile) Kontrollgruppe Bildern von juvenilen Tieren aus, um nicht mögliche sexuelle Fantasien auszulösen, aber dennoch das Kindchenschema anzusprechen und damit einen Brutpflegereiz zu setzen. Wir erwarteten zum einen, dass wir als Antwort auf die Brutpflege-Stimuli unter anderem eine erhöhte Hirnaktivität im Bereich der anterioren Insula finden, da in vielen Studien gezeigt wurde, dass dieser Teil des Gehirns aktiv ist, wenn Probanden Bilder von Kindergesichtern sehen; zum anderen, dass sich die Aktivität in den beiden Gruppen voneinander unterscheidet und sich somit Rückschlüsse auf eine unterschiedliche Verarbeitung der Kindchenschema-Reize ergeben.

Ein Rating, welches wir im Vorfeld durchführten, kam zu dem Ergebnis, dass die verwendeten Tierbilder in keiner Weise zu einer subjektiven sexuellen Reaktion der Probanden führten, weder in der pädophilen noch in der teleiophilen Gruppe.

Für die fMRT-Analyse legten wir mittels einer statistischen Analyse die anteriore Insula als Region des besonderen Interesses fest, untersuchten allerdings zusätzlich das gesamte Gehirn nach weiteren spezifischen Aktivitätsänderungen. Wir fanden in der Gruppe der pädophilen Probanden, nicht jedoch bei den Kontrollen, eine erhöhte Hirnaktivität: Diese war vornehmlich in der anterioren Insula, dem supplementär-

motorischen Kortex und dem dorsolateralen präfrontalen Kortex zu finden, wenn sich die Probanden Bilder von juvenilen Tieren (im Gegensatz zu adulten Tieren) ansahen.

1.2 Hypothesenbildung

Der Begriff „Paedophilia erotica“ wurde 1886 von Richard von Krafft-Ebing eingeführt (Krafft-Ebing, 1886). Darunter versteht man heutzutage eine Störung der Sexualpräferenz, die nach ICD 10 (F65.4) durch eine „sexuelle Präferenz für Kinder, Jungen oder Mädchen oder Kinder beiderlei Geschlechts, die sich meist in der Vorpubertät oder in einem frühen Stadium der Pubertät befinden“ gekennzeichnet ist (Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 2007; World Health Organization, 1992). Dadurch unterscheidet sie sich von der Teleiophilie (sexuelle Präferenz für erwachsene Menschen) (Blanchard, 2000). Die Ätiologie der pädophilen Störung ist noch weitgehend unverstanden, jedoch ist das Verständnis im Hinblick auf die Neuropsychologie in den letzten Jahren um viele Aspekte gewachsen (Tenbergen, 2015). Zur Entstehung der Pädophilie gibt es allerdings weiterhin unterschiedliche Theorien. Eine davon wurde 1990 vom österreichischen Biologen Irenäus Eibl-Eibesfeldt postuliert, so sei Pädophilie lediglich eine „Erotisierung elterlicher Liebe“ (unter „elterlicher Liebe“ ist in Abgrenzung zur romantischen Liebe eine Zuneigung zu verstehen, die mehr als ein Brutpflegeverhalten eigener oder nichteigener Nachkommen zu verstehen ist) (Eibl-Eibesfeldt, 1990). Diese These wurzelt in der Annahme, dass es hirnganisch zum einen Netzwerke gebe, welche die Pflege und das Ernähren von Nachkommen steuern, und zum anderen Areale, welche die Fortpflanzung steuern. Diese Netzwerke, auf die im Folgenden noch genauer eingegangen wird, haben tatsächlich ähnliche physiologische Funktionen und nutzen ähnliche Neuropeptide (Dopamin, Oxytozin) (Feldman, 2016). Der These nach sei die Trennung dieser Bereiche bei Menschen mit pädophiler Orientierung nicht oder nur unvollständig vollzogen (Eibl-Eibesfeldt, 1990). Dies wird wie folgt begründet:

1. Bei phylogenetisch alten Tieren (beispielsweise Reptilien) sind die Sexualität und damit die Fortpflanzung mit der Unterwerfung des Weibchens durch das Männchen verbunden, auch eine Brutpflege findet nicht statt.

2. Tiere, die Brutpflege betreiben, sind in der Sexualität liebevoller als solche, die dies nicht tun (Säugetiere, Vögel).
3. Somit sind „Brutpflege“ und „Paarung“ assoziiert.

Das Brutpflegeverhalten ist also ein in der Entwicklung der Vertebraten relativ neuer Aspekt (Eibl-Eibesfeldt, 1990). Ein weiterer Hinweis auf die Theorie lässt sich im Phänomen des „Kiss feeding“ finden, welches bei Vögeln und einigen Säugetieren beobachtet wird (Eibl-Eibesfeldt, 1990). Vögel zeigen während der Paarung mit ihrem Schnabel ein Verhalten, das dem beim Füttern von Jungvögeln recht ähnlich ist und so auf eine funktionelle Verbindung der beiden Domänen schließen lässt. Auch bei Menschen lässt sich dieses „Kiss feeding“ vorfinden, so konnte dieses Verhalten unter anderem bei den Himba in Namibia und den Eipo in Neu-Guinea gefunden werden (Eibl-Eibesfeldt, 1990). Weiterhin kann man bei Hamstern ein Verhalten beobachten, das ebenfalls die beiden Teilbereiche „Brutpflege“ und „Paarung“ in Verbindung bringt: Männchen machen während der Paarung Geräusche von Jungtieren nach (Eibl-Eibesfeldt, 1990).

Bei männlichen Menschen lässt sich beobachten, dass sie allgemein zu den Säugetieren gehören, die einen hohen Aufwand bei der Brutpflege betreiben (Chapais, 2008). Nichtmenschliche Primatenweibchen sind in der Regel auf sich allein gestellt, wenn es um die Aufzucht der Jungen geht. Beim Menschen hingegen ist das väterliche Investment vermutlich nach Entwicklung der Monogamie entstanden. Aufgrund dessen besteht die Möglichkeit, dass die funktionelle Trennung der Netzwerke „Paarung“ und „Brutpflege“ bei Männern störanfälliger ist als bei Frauen, da sich das Brutpflegenetzwerk erst in jüngerer Zeit etabliert hat und dabei möglicherweise Netzwerke nutzt, die bei Männern mit Fortpflanzungsfunktionen belegt waren (Abraham, 2014).

Im Allgemeinen ist also vorstellbar, dass bei Männern eine geringere zusätzliche kognitive Problematik ausreicht, um das störanfällige System aus dem Gleichgewicht zu bringen. Wenn einzelne Männer nun von entwicklungspsychologischen Problemen belastet sind, ist vorstellbar, dass es zu einer Sexualisierung des Brutpflegesystems kommen könnte. Solche entwicklungspsychologischen Probleme sind unter anderem bei Pädophilen beschrieben (Gerwinn, 2018). Sollten kindliche

Reize also zusätzlich von Arealen bearbeitet werden, die im Gesunden für die Verarbeitung von Sexualreizen zuständig sind, könnte dies einen Erklärungsansatz für die Pädophilie liefern. Aufgrund dessen stellen wir die im folgenden Abschnitt dargestellte Hypothese auf.

1.3 Hypothese der Arbeit

Stimuli, die Brutpflegeverhalten im menschlichen Gehirn aktivieren, könnten bei Pädophilen im Gegensatz zu Teleiophilen eine zusätzliche Reaktion in für die Sexualität bedeutenden Arealen hervorrufen, daher müsste bei diesen Menschen Hirnaktivität in zusätzlichen für die Brutpflege oder Sexualität bedeutenden Arealen nachweisbar sein.

Diese Wirkung sollte auch dann vorhanden sein, wenn es keine sexuelle Verbindung zu den gezeigten Stimuli gibt. Im Allgemeinen werden Reaktionen im Areal für Pflege- und Ernährungsverhalten bei Gesunden hervorgerufen, wenn der entsprechende Stimulus Merkmale des sogenannten „Kindchenschemas“ aufweist (Lorenz, 1943; Glocker, 2009a): rundes Gesicht, eine hohe Stirn, große Augen, eine kleine Nase, ein kleiner Mund, ein großer Kopf, dicke Wangen, kurze, dicke Extremitäten, ein plumper Körper und eine hochtonige Vokalisation (Borgi, 2014; Glocker, 2009a; Glocker, 2009b; Sherman, 2009). Ein für die Verarbeitung des Kindchenschemas zentraler Bereich ist der Anteriore-Insula-Kortex (AIC) (Glocker, 2009b). Dieser phylogenetisch recht neue Teil des menschlichen Gehirns konnte in vielen Studien zum Thema „Kindchenschema“ als aktiv nachgewiesen werden (Glocker, 2009b, Craig, 2009) und rückte somit in den Mittelpunkt unseres Interesses.

Um uns selbst ein Bild zu machen, welche Hirnareale bei unseren Probanden auf bestimmte Stimuli reagieren, verwendeten wir in einer funktionellen Magnetresonanztomographieuntersuchung (fMRT) das BOLD-Signal (Blood Oxygen Level Dependent), mit welchem der Sauerstoffverbrauch der untersuchten Hirnareale gemessen und damit indirekt auf deren Aktivität geschlossen werden kann (Kwong, 1992). Der anterioren Insula galt hier als Region of interest (ROI) unser Hauptinteresse. Da wir aber davon ausgingen, dass sich die Erregung nicht

ausschließlich auf diesen Bereich beschränken würde, analysierten wir die Aktivität des gesamten Gehirns. Pädophilen und teleiophilen Probanden wurden hierzu in unserer Studie Bilder von ausgewachsenen und Jungtieren (Hunde, Katzen, Kaninchen, Bären, Schweine) in einer fMRT-Untersuchung gezeigt. Es wurden bewusst keine Bilder von Kindern verwendet, um bei Pädophilen keine sexuelle Erregung auszulösen.

Diese Faktoren zusammengenommen haben uns zu dem Versuchsausbau geleitet, der im nächsten Kapitel beschrieben wird.

1.4 Allgemeine Erläuterungen

Um den entsprechenden Hintergrund der Hypothese zu verstehen, ist es zu Beginn sinnvoll, sich genauer mit den Begriffen „Pädophilie“ (1) und „Kindchenschema“ (2) auseinanderzusetzen. Daher wird im Folgenden erörtert, welche Phänomene an der Verknüpfung dieser Bereiche beteiligt sind (3) und welche Verknüpfungspunkte überhaupt bestehen könnten (4).

1.4.1 Pädophilie

<p>ICD-10 (F65.4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Sexuelle Präferenz für Kinder, die sich zumeist in der Vorpubertät oder in einem frühen Stadium der Pubertät befinden - Das Ausleben der Gedanken ist für die Diagnose zweitrangig
<p>DSM-5 (F65.4, als „Pädophile Störung“)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Betroffener muss ≥ 16 Jahre alt sein - Betroffener muss ≥ 5 Jahre älter sein als das Kind - Trennung in: Exklusivität, Homo-, Hetero-, Bisexualität, Inzest

Tab. A: Beschreibung der Pädophilie nach ICD-10 (Dilling, 2014) und DSM-5 (Falkai, 2015).

Bisher ging man davon aus, dass bei Pädophilen eine Störung im Bereich der Verarbeitung sexueller Reize vorliegt (s. u., Abschnitt 1.4). Im Gegensatz zur weit verbreiteten Meinung, Pädophile litten unter hirnrorganischen Störungen, findet man diese eher bei Vergewaltigern und Sexualdelinquenten an sich, welche nicht zwangsläufig die Diagnosekriterien der Pädophilie erfüllen (Kargel, 2016). Die für Pädophile lange postulierte Funktionsstörung in der Verarbeitung sexueller Reize (Cantor, 2008; Quinsey, 2003) konnte bisher nur für sexuelle Kindesmissbraucher nachgewiesen werden (Kargel, 2016). Daher muss die Pädophilie als Störung der Sexualpräferenz eindeutig von der sogenannten „Ersatzhandlungsfähigkeit“ (Befriedigung des Sexualtriebs auch durch Kinder, aber ohne sich primär sexuell zu ihnen hingezogen zu fühlen) abgegrenzt werden (Schäfer, 2010). Zu dieser Gruppe gehören vor allem sexuell unerfahrene Adoleszente, mental Retardierte, Menschen mit antisozialer Persönlichkeitsstörung und Menschen, die schwere Traumata durchlebt haben (Tenbergen, 2015). Daraus folgt, dass nicht jeder Mensch, der Kinder missbraucht, auch pädophil ist. Einer Theorie Eibl-Eibesfeldts nach könnte bei Betroffenen die sexuelle Erregung durch Dominanz entstehen, die Rolle des Dominanten sei hierbei wichtiger als das Individuum, das zum Erreichen der sexuellen Befriedigung genutzt wird (Eibl-Eibesfeldt, 1990).

Die Definition der Pädophilie unterscheidet sich im ICD-10 und DSM-5. Interessant ist, dass im ICD-10 unter anderem der Punkt „Leidensdruck“ als Diagnosekriterium zählt. Momentan geht man davon aus, dass sich die sexuelle Präferenz in der Adoleszenz erstmalig manifestiert und sich im Laufe des Lebens nicht ändert (Beier, 1998). Durch die nun immer wiederkehrenden Begegnungen mit seinen eigenen Vorlieben entwickelt sich ein Teil des Leidensdrucks (Schäfer, 2010). Des Weiteren lässt sich die Pädophilie in einige weitere Bereiche einteilen: Exklusiv/nicht exklusiv, homo-, hetero- oder bisexuell, mit oder ohne bereits begangenen Kindesmissbrauch (Tenbergen, 2015). Eine wichtige Einteilung findet sich zudem im Unterschied zwischen der Pädophilie und der pädophilen Störung (im DSM-5 wird hier kein Unterschied gemacht): Eine pädophile Störung liegt dann vor, wenn nur einige Kriterien der Pädophilie erfüllt sind. Menschen, die an einer pädophilen Störung leiden, gehören häufig zur Gruppe der potenziellen Kindesmissbraucher (Tenbergen, 2015).

Zur Entstehung der Pädophilie gibt es zusätzlich zu der bereits erwähnten von Eibl-Eibesfeldt aufgestellten Theorie noch weitere, welche allerdings jeweils auch Faktoren haben, die gegen sie sprechen. Zu den relevantesten Theorien gehören folgende (Tenbergen, 2015):

1. Abused-Abuser-Theorie: Menschen, die später Kinder missbrauchen, wurden in ihrer Jugend selbst missbraucht und entwickelten über klassische und operante Konditionierung ihr Sexualverhalten. Diese Theorie erklärt allerdings nicht den Unterschied zwischen pädophilen und nichtpädophilen Kindesmissbrauchern, zudem müsste es nach dieser Theorie mehr weibliche Pädophile geben.
2. Frontallappentheorie: Der orbitofrontale und der rechte und linke dorsolaterale präfrontale Kortex zeigen bei Pädophilen oft Abweichungen im Vergleich zu Teleiophilen (Inhibition des sexuellen Verhaltens und Verhaltenskontrolle sind anders ausgeprägt). Dies erklärt allerdings nicht die pädophile Präferenz der Betroffenen, sondern lediglich ihren Sexualtrieb.
3. Temporallappentheorie: Störungen im Temporallappen können zu einer pädophilen Präferenz sowie sexuell deviantem Verhalten führen. Es gibt Studien, die darauf hinweisen, dass der Temporallappen eine maßgebliche Rolle in der Entwicklung von hypersexuellem Verhalten spielt (Ponseti, 2012). Dies erklärt allerdings wieder nur den pädophilen Sexualtrieb.
4. Eine weitere Theorie spricht von einem Sexualdimorphismus, der von der pränatalen Maskulinisation des männlichen Hirns beeinflusst wird. Dies soll pädophiles Verhalten fördern, konnte jedoch nicht bewiesen werden.
5. Kombination aus Frontal- und Temporallappentheorie: Die fehlende Impulskontrolle durch eine Störung im Frontallappen in Kombination mit der durch die Temporallappenschädigung ausgelöste vermehrte Beschäftigung mit Kindern könnte Pädophilie auslösen.
6. Pädophilie könnte auch durch einen nicht erfolgten prä- und frühpostnatalen Testosteronanstieg, der zu einer Maskulinisierung und Defeminisierung des Gehirns führt, ausgelöst werden. Androgene beeinflussen bei Kindern die synaptische Verknüpfung in der Wachstumsphase. Dies würde bei Pädophilen die erhöhte Rate an Linkshändern und die alternierende D2:D4-Ratio erklären.

1.4.2 Das Kindchenschema

Das Kindchenschema wurde 1943 von Konrad Lorenz beschrieben und definiert bestimmte Schlüsselreize, die dazu führen, dass ein Kind, unabhängig der Rasse (Borgi, 2014), als „süß“ empfunden wird und somit im Betrachter einen Impuls, Brutpflegeverhalten auszuführen, auslöst (Glocker, 2009a). Diese Schlüsselreize sind unter anderem ein rundes Gesicht, eine hohe Stirn, große Augen, eine kleine Nase, ein kleiner Mund, ein großer Kopf, dicke Wangen, kurze, dicke Extremitäten, ein plumper Körper und eine hochtonige Vokalisation (Borgi, 2014; Glocker, 2009a; Glocker, 2009b; Sherman, 2009). Kinder, die dem Schema entsprechen, werden vom Betrachter als liebenswerter, freundlicher und gesünder empfunden (Glocker, 2009a); zudem steigt die Bereitschaft Erwachsener, diese Kinder zu adoptieren (Glocker, 2009b).

Das Schema ist weiterhin nicht nur auf Menschenkinder begrenzt; auch Tierkinder, vor allem Säugetiere, werden, wenn sie als „süß“ empfunden werden, bevorzugt behandelt, unabhängig von Spezies und Ethnie (Borgi, 2014; Holtfrerich, 2016). Es findet also eine explizite Generalisierung auf andere Spezies statt (was wir uns für diese Studie zunutze machen), wobei sich dieser Effekt sogar auf Objekte und erwachsene Menschen mit kindlichen Gesichtszügen übertragen lässt (Glocker, 2009b). Daraus kann auch die menschliche Tendenz abgeleitet werden, süße Objekte zu vermenschlichen (beispielsweise Kuscheltiere) (Borgi, 2016). Gerade Kinder, die ebenfalls ab einem Alter von drei Jahren bereits das Kindchenschema bei noch jüngeren Kindern erkennen können (Luo, 2015), zeigen dieses Verhalten recht deutlich und weisen beim Umgang mit tierähnlichen Spielzeugen häufig ein „Pseudobrutpflegeverhalten“ auf (Golle, 2013; Borgi, 2016). Kinder sind im Alter ab drei Jahren bereits in der Lage, „süße“ von „nicht-süßen“ Kleinkindern zu unterscheiden (Leibenluft, 2004).

Ein zusätzlicher Nebeneffekt des Kindchenschemas ist, dass bei Erwachsenen aggressives Verhalten gemindert wird: Menschen, die im Vorfeld das Bild eines dem Kindchenschema entsprechenden Kindes gesehen haben, reagieren in der Nachfolgesituation weniger aggressiv (Borgi, 2014). Auch feinmotorische Aufgaben können effektiver durchgeführt werden, wenn im Vorfeld ein solches Bild angesehen wurde (Sherman, 2009), was zusammen genommen auf ein protektives und

sorgsameres Verhalten dem Kind gegenüber hindeutet (Sherman, 2009). Interessant ist jedoch, dass das Kindchenschema bei reproduktionsfähigen Frauen anscheinend eine stärkere Wirkung zeigt als bei Männern generell oder bei Frauen nach der Menopause (Glocker, 2009a; Sprengelmeyer, 2009); die Wirkung selbst allerdings unabhängig vom Geschlecht des Kindes ist (Borgi, 2014). Weiterhin sprechen Menschen mit postpartaler Depression, Angststörungen oder Drogensucht schlechter auf das Kindchenschema an (Leibenluft, 2004).

1.4.3 Die Erkennung und Verarbeitung von Gesichtern

Es schließt sich nun die Frage an, wie es Menschen überhaupt möglich ist, die oben genannten Schlüsselreize des Kindchenschemas erkennen zu können und wie eine Verbindung zur Sexualität aufgebaut werden kann; zur Klärung dient unter anderem das Verständnis über die Verarbeitung von Gesichtern.

Insbesondere interessant ist für diese Studie, worin der Unterschied zwischen der Verarbeitung von Kindern und Erwachsenen sowie von Menschen und Tieren besteht. Im Allgemeinen ist das Sehen und Erkennen von Gesichtern mit spontaner Aktivierung von Emotionen in Verbindung der Wahrnehmung eines einzelnen Individuums assoziiert (Leibenluft, 2004). In dem Zusammenhang ist erwähnenswert, dass sich die statistischen Karten in den untersuchten Gehirnen von Probanden beim Betrachten ausgewachsener Menschen und Tiere kaum unterscheidet, Probanden auf Reize menschliche Kinder allerdings mit einer indirekt ablesbaren stärkeren Aktivierung in bestimmten Hirnarealen reagieren als auf diejenigen von Tieren (Caria, 2012). Ein Unterschied zwischen adulten und juvenilen Tieren konnte bisher nicht festgestellt werden (Caria, 2012). Daraus wurde abgeleitet, dass das implizite Prozessieren kindlicher Stimuli speziesspezifisch sei (Caria, 2012). Insbesondere trifft dies auf die Aktivierung des supplementär-motorischen Areals (SMA), der linken anterioren Insula und dem mittleren zingulären Kortex zu (Caria, 2012). All dies dient dazu, das elterliche (menschliche) Brutpflegeverhalten zu erleichtern.

Die Gesichtsverarbeitung unterscheidet sich zudem im Hinblick auf das Erkennen des Gesichts, das man sich ansieht: Das Sehen einer bereits bekannten Person geht unter anderem mit einer Deaktivierung der Amygdala einher (Leibenluft, 2004) und

führt zu einer messbar höheren Konzentration an Dopamin (Strathearn, 2009). Zusätzlich gibt es Unterschiede bei den Betrachtern: Während erwachsene Männer im Laufe ihres Lebens in einem Rating das Kindchenschema von menschlichen Kindern immer gleich bewerten, nimmt bei Frauen das Ergebnis jedoch mit zunehmendem Alter ab (Luo, 2015; Sprengelmeyer, 2009), was unter anderem auf den sinkenden Oxytozin-Spiegel zurückzuführen ist: Dieses Hormon ist für sexuelle, mütterliche und soziale Motivation unerlässlich (Gregory, 2015). Es verwundert daher nicht, dass Frauen, die orale Kontrazeptiva nutzen, sensitiver auf das Kindchenschema reagieren als die, die keine Kontrazeptiva nutzen (Luo, 2015). Testosteron scheint die gegensätzliche Wirkung zu haben; so reagieren Männer mit einem niedrigen Testosteronspiegel sensitiver auf Reize des Kindchenschemas (Holtfrerich, 2016). Da wir in unserer Studie ausschließlich männliche Probanden in unser Rating eingeschlossen haben, können wir den Teilaspekt, dass Männer und Frauen aufgrund ihrer hormonellen Unterschiede unterschiedlich auf das Kindchenschema reagieren (Holtfrerich, 2016), allerdings vernachlässigen.

Im Vorfeld der Studie wurden psychische Erkrankungen wie Depression und Angststörung ausgeschlossen, da diese einen Effekt auf die Bewertung der Gesichter haben können (Luo, 2015). Weiterhin konnte bisher festgestellt werden, dass menschliche Kinder, die das Kindchenschema erfüllen, bei Teleiophilen zu einer höheren Hirnaktivität führen als menschliche Erwachsene (Lorenz, 1943; Glocker, 2009a; Luo, 2015). Dies ist auch subjektiv für den Probanden spürbar: Emotionale, behaviorale und motivationale Antworten werden hervorgerufen (Golle, 2013; Lehmann, 2013).

1.4.4 Verknüpfung von Pädophilie und Kindchenschema

In unserer Studie konzentrierten wir uns auf die Theorie der Verbindung zwischen Brutpflege und Paarung. Eine Verbindung von Kindchenschema und Pädophilie könnte über folgenden Weg entstehen:

1. Lachende Kinder sind ein stärkerer Reiz für das Kindchenschema als traurige (Leibenluft, 2004).
2. Wenn ein Kind einen Menschen anlächelt, wird es nicht als abweisend wahrgenommen, sondern als Zuwendung suchend (Luo, 2015).

3. Die Bereitschaft, sich zu kümmern, steigt (Brutpflegeverhalten). Damit könnte, nach der Theorie von Eibl-Eibesfeldt (romantische und erotische Liebe seien phylogenetisch aus der Liebe für die eigenen Nachkommen entstanden), auch das sexuelle Verlangen steigen (Eibl-Eibesfeldt, 1990).
4. Zusätzlich kann durch fälschlicherweise entwickelte implizite Theorien das freundliche Verhalten von Kindern als sexualisiertes Verhalten fehlinterpretiert werden (Ward, 2000; Burn, 2005).

Dazu müssten die Hirnareale, die für das Pflegeverhalten zuständig sind, Informationen der Areale, die das sexuelle Verlangen verarbeiten, bekommen. Im Allgemeinen sind die für diese Studie interessanten neurologischen Korrelate diejenigen, die genau für diese Bereiche kodieren oder Teil der Verarbeitung sind. Viele Studien konnten bereits Bereiche aufzeigen, die bei der Verarbeitung des Kindchenschemas aktiv sind; so sind folgende Areale beim Betrachten von Kindergesichtern hervorzuheben: Fusiformer Gyrus, Thalamus, Gyrus cinguli, die Insula und der orbitofrontale Kortex (Glocker, 2009a).

Anscheinend gibt es Unterschiede, ob man Kinder oder Erwachsene betrachtet, so ist die anteriore Insula beim Betrachten menschlicher Kinder aktiv, nicht jedoch bei Erwachsenen (Caria, 2012). Das Pflegeverhalten und die Verarbeitung des Kindchenschemas können somit eindeutig dem mesolimbischen System (Belohnungssystem) zugeordnet werden (Glocker, 2009a). Tabelle B zeigt die Funktionen der einzelnen Areale an.

Es stellt sich nun die Frage, ob weitere Areale bei Pädophilen aktiv sind, beziehungsweise, ob die bereits beschriebenen stärker ausgeprägt sind (siehe 4.2). Dazu sollte zunächst ein Blick auf die Areale geworfen werden, die bei gesunden Teleiophilen allgemein bei sexueller Erregung aktiv werden. Dazu gehören im Wesentlichen:

Lateraler okzipitaler und temporaler Kortex, inferiorer temporaler Kortex, Amygdala, parietaler Kortex, Claustrum, orbitofrontaler Kortex, medialer präfrontaler Kortex, Insula, Hypothalamus, Striatum, Thalamus, anteriorer zingulärer Kortex, prämotorische Areale, Zerebellum, Substantia nigra (Stoléru, 2012) (Tab. B).

Diese Aktivierung unterscheidet sich in MRT-Untersuchungen bei Pädophilen nicht wesentlich, lediglich ein anderes Muster, passend zur Störung der sexuellen Präferenz, ist zu erkennen (Gesichter von Kindern aktivieren die Bereiche, die bei Teleiophilen von Bildern Erwachsener angesprochen werden, Bilder nackter Kindern aktivieren im Vergleich zu Bildern von Erwachsenen bei pädophilen Probanden diese Areale stärker) (Ponseti, 2014). Das Zeigen von Genitalien oder der Silhouette der Kinder ist außerdem nicht notwendig: Das Betrachten des Gesichts reicht, um sexuelles Empfinden auszulösen (Walter, 2007; Sartorius, 2008; Schiffer, 2008a; Poepl, 2011; Ponseti, 2012; Habermeyer, 2013).

Hirnareal	Relevante Funktion
Anteriore Insula	Mutterliebe, romantische Liebe, Entscheidungsfindung, Gefühle, Bewusstsein, Orgasmen, sexuelle Erregung, Interozeption, Empathie, Erkennen von Gesichtern, bewusste Wahrnehmung von Emotionen
Linke posteriore Insula	Somatomotorische Funktionen
Rechte posteriore Insula	Erektionsbewusstsein
Orbitofrontaler Kortex	Entscheidungsfindung, Lernvorgang
Gyrus cinguli	Belohnungssystem
Fusiformer Gyrus	Erkennen von Gesichtern
Prämotorischer Kortex	Kommunikation
Supplementär-motorischer Kortex	Planung motorischer Handlungen
Amygdala	Emotion, Motivation
Hypothalamus	Sexuelle Motivation, Ejakulation
Clastrum	Transfer visuellen Inputs, Motivation
Striatum	Motorik, Motivation, Erektion
Zerebellum	Steuerung kognitiver, motorischer, emotionaler und motivationaler Prozesse bei sexuellen Stimuli
Lateraler okzipitaler Kortex	Visuelle Antwort
Lateraler temporaler Kortex	Visuelle Antwort
Inferiorer temporaler Kortex	Bei Heterosexuellen aktiv, wenn heterosexueller Geschlechtsverkehr gesehen wird. Bei Homosexuellen bleibt die Aktivierung dieser Hirnregion aus, bei ausschließlich heterosexuell orientierten Pädophilen zeigt sich eine geringere Aktivierung
Parietaler Kortex	Surrogatmarker für sexuelle Erregung

Medialer präfrontaler Kortex	Surrogatmarker für sexuelle Erregung
Anteriorer zingulärer Kortex	Surrogatmarker für sexuelle Erregung
Prämotorische Areale	Bewegungsplanung, Surrogatmarker für sexuelle Erregung

Tab. B: Hirnareale und deren vereinfachte Funktion im Kontext des Themas dieser Dissertation gemäß Arbeiten von Stoléru (2012) bzw. Caria (2012) bzw. Craig (2009) bzw. Cui (1999) bzw. Walton (2010) bzw. Gu (2013).

2. Material und Methoden

2.1 Teilnehmer

Die Teilnehmer der Studie wurden mittels zweier Verfahren rekrutiert.

Die erste Gruppe, bestehend aus 17 Pädophilen und 17 Teleiophilen, wurde für ein Rating eingesetzt. Sie bestand aus sich freiwillig zur Verfügung gestellten Probanden. Die pädophilen Probanden waren bereits im Vorfeld an das Institut für Sexualmedizin, UKSH Campus Kiel, angegliedert, die teleiophilen Probanden wurden durch einen Aufruf in der Öffentlichkeit rekrutiert. Zu den Ausschlusskriterien für diese Gruppe gehörten:

1. Weibliches Geschlecht
2. Störungen der sexuellen Präferenz (mit Ausnahme von Pädophile in der dazugehörigen Gruppe)
3. Neurologische / psychiatrische Erkrankungen
4. Drogen- oder Alkoholabhängigkeit
5. Alter < 18 Jahre

Probanden, die der ersten Gruppe angehörten, nahmen nicht an der Messung im fMRT teil, da im Vorfeld nicht ausgeschlossen werden konnte, dass die Bewertung von Tieren nach sexuellem Arousal unter Umständen fehlerhafte Primingreize erzeugt.

Die zweite Gruppe konnte über den norddeutsche Forschungsverbund „Neurobiologische Grundlagen von Pädophilie und sexuellem Missbrauchsverhalten gegen Kinder“ (NeMUP) gewonnen werden. Seit 2012 erforscht dieses Verbundprojekt Mechanismen, die sexuellen Kindesmissbrauch und pädophile Sexualpräferenz bedingen können (Präventionsprogramm „Kein Täter werden“, 2017).

Die pädophilen Probanden konnten aus insgesamt vier Zentren für forensische Psychiatrie oder Sexualmedizin, die am „Präventionsprojekt Dunkelfeld – lieben sie kinder mehr, als ihnen lieb ist?“ teilnehmen, rekrutiert werden. Ziel dieses Projektes ist es, Menschen mit pädophiler und hebephiler Neigung bei der Kontrolle pädosexueller Handlungen und dem Konsum kinderpornographischer Medien zu

helfen (Präventionsprogramm „Kein Täter werden“, 2017). Die Zentren, die an der Studie teilgenommen haben, liegen in Kiel, Berlin, Hamburg und Hannover. Die teleiophilen Probanden (= Kontrollgruppe) wurden durch das NeMUP-Projekt über Anzeigen und Aufrufe in der Öffentlichkeit rekrutiert. Zu den Ausschlusskriterien für die zweite Gruppe gehörten:

1. Weibliches Geschlecht
2. Neurologische / psychiatrische Erkrankungen
3. Drogen- oder Alkoholabhängigkeit
4. Alter < 18 Jahre
5. Klaustrophobie
6. Metallische Implantate oder sonstige metallische Gegenstände am/im Körper
7. Zusätzlich für die Kontrollgruppe: Straftaten in der Vorgeschichte zum Zeitpunkt der Rekrutierung

Insgesamt wurden aus diesem Kollektiv der zweiten Gruppe 150 männlichen Probanden im fMRT Bilder von Tieren (adult und juvenil) gezeigt. Von diesen 150 Probanden wurden nach den Kriterien des Matchings (s. u., Abschnitt 3.1) 115 Probanden analysiert und in die Studie aufgenommen; 52,2% (60 Probanden) davon erfüllten nach ICD-10 die diagnostischen Kriterien für Pädophilie (F65.4) (Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 2007; World Health Organization, 1992).

Nach eigener Aussage im Hinblick auf die sexuelle Orientierung waren 55% (33) dieser pädophilen Probanden hetero-, 45% (27) nonheterosexuell (heterosexuell = sexuelle Präferenz für Mädchen; nonheterosexuell = sexuelle Präferenz für Jungen oder Jungen und Mädchen). 46,7% (28) von ihnen waren exklusiv pädophil, 53,3% (32) nichtexklusiv (exklusiv = sexuelle Präferenz ausschließlich auf Kinder bezogen; nichtexklusiv = sexuelle Präferenz für Kinder, fühlt sich teilweise aber auch zu Erwachsenen hingezogen). Des Weiteren gaben 41,7% (25) der Probanden an, bereits mindestens einen sexuellen Missbrauch an Kindern begangen zu haben, 58,3% (35) hingegen nicht. Vier der pädophilen Probanden erhielten außerdem eine psychotrope Dauermedikation.

Die anderen 55 Probanden (47,8%) wurden als teleiophile Kontrollgruppe eingesetzt. Hiervon waren 61,8% (34) hetero- und 38,2% (21) nonheterosexuell (heterosexuell = sexuelle Präferenz für Frauen; nonheterosexuell = sexuelle Präferenz für Männer oder Männer und Frauen).

Das gesamte Kollektiv dieser Gruppe wurde an verschiedenen Standorten im fMRT untersucht: 58,2% (67) in Kiel, 28,7% (33) in Berlin und 13% (15) in Hannover, wobei jeweils sowohl pädophile als auch teleiophile Probanden untersucht wurden. Keiner der 115 Probanden gab an, sexuelle Erregung durch Tiere zu erleben.

Beide, die Pädophilen- und die Kontrollgruppe, wurden in Bezug auf einige Merkmale einander angeglichen (Matching), um zu große Abweichungen durch die jeweilige Kategorie zu vermeiden. Die jeweils angeglichenen Werte sind untenstehender Tabelle zu entnehmen (Tab. C).

Parameter	Pädophile	Teleiophile	Testkriterien
Alter [SD]	36,6a [10,7]	35,0a [10,2]	$T_{(113)}=0,8$; $P=0,42$; zweiseitig
Intelligenz [SD] über WAIS-IV	41,5sss [11,1]	43,1sss [9,1]	$T_{(113)}=-0,83$; $P=0,41$; zweiseitig
Händigkeit über EHI	52 Rechtshänder	50 Rechtshänder	Chi-Quadrat-Test $_{(1)}=1,06$; $P=0,37$; zweiseitig
Sexuelle Orientierung	33 heterosexuell 27 nonheterosexuell	34 heterosexuell 21 nonheterosexuell	Chi-Quadrat-Test $_{(1)}=0,55$; $P=0,57$; zweiseitig

Tab. C.: WAIS-IV = Wechsler Adult Intelligence Scale; sss = scaled sum score; EHI = Edinburgh Handedness Inventory

2.2 Begutachtung

Jeder zu testende Proband des fMRT-Teils (die zweite Gruppe) wurde zunächst zu bestimmten Bereichen befragt. Diese Datenerhebung lief in zwei separaten Sitzungen über zwei Tage. Zu den erhobenen Daten gehörten folgende Aspekte:

1. Ein strukturiertes Interview, durch das neurologische Erkrankungen, akute Phasen von Alkohol- und sonstiger Drogenabhängigkeit, Klaustrophobie,

Implantate oder sonstige metallische Gegenstände im Körper ausgeschlossen werden konnten.

2. Ein semistrukturiertes Interview, um die sexuelle Präferenz sowie die Sexualdelinquenz des Probanden unter Berücksichtigung seines Alters und Geschlechts festzustellen. Die sexuelle Präferenz des Probanden sowie die Orientierung bezüglich des Alters wurden durch eine modifizierte Version der Kinsey-Skala ermittelt. Diese ermittelt auf einer Skala von 0 – 6 die sexuelle Orientierung (0 = ausschließlich heterosexuell, 6 = ausschließlich homosexuell) (Kinsey, *Sexual Behavior in the Human Male*, 1949; Kirk, 2000). Führte dies nicht zu einem eindeutigen Ergebnis, wurde ein Viewing-Time-Paradigma (Pohl, 2015) angewandt. Hierbei werden Antwortlatenzen beim Betrachten unterschiedlicher Bildgruppen erfasst. Anhand dessen, wie lang ein Proband ein bestimmtes Bild anguckt, kann darauf geschlossen werden, wie „ansprechend“ er dieses Bild findet (Pohl, 2015). Lagen bereits Informationen zu den Probanden vor, wurden diese zusammen in Fallkonferenzen, die individuell abgehalten wurden, zur Bestimmung der sexuellen Präferenz verwendet.
3. Ein strukturiertes klinisches Interview für DSM (SKID), sowohl für DSM-IV-Achse-I-, als auch –Achse-II-Erkrankungen. DSM-IV-Achse I beinhaltet aktuelle psychische Störungen, die das Leben des Probanden erheblich beeinflussen können. Dazu gehören unter anderem Demenz, Schizophrenie, Angst-, Anpassungs- und somatoforme Störungen sowie sexuelle Störungen wie Geschlechtsidentitätsstörungen (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 5, 2013; Wittchen, 1997; American Psychiatric Association, 2000). Achse II bildet Erkrankungen ab, die in der Regel ein Leben lang andauern und deren soziale Auswirkungen meist geringer sind als die der Achse-I-Störungen. Dazu zählen unter anderem Persönlichkeitsstörungen (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 5, 2013).
4. Ein globaler Intelligenztest (WAIS-IV) mit vier Unterkategorien: Sprachverständnis, wahrnehmungsgebundenes logisches Denken, Arbeitsgedächtnis und Verarbeitungsgeschwindigkeit (Wechsler Adult Intelligence Scale IV, 2013; von Aster, 2006).

5. Ein Händigkeitstest (Edinburgh Handedness Inventory), um die dominante Hand des Patienten zu bestimmen (Oldfield, 1971), da eine höhere Rate an Linkshändigkeit bei Pädophilen festgestellt werden konnte (Tenbergen, 2015).

Die Ethikkommissionen der Kieler Christian-Albrechts-Universität, der Medizinischen Hochschule Hannover, der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg und der Charité Berlin stimmten dem Versuchsaufbau nach Vorgaben der Deklaration von Helsinki (1964, aktuelle Revision 2013) zu und alle Probanden gaben ihr schriftliches Einverständnis, bevor sie in die Studie aufgenommen wurden.

2.3 Stimuli



Abb. A: Beispiel für Stimuli. Links juveniler, rechts adulter Hund.

Da von Säugetieren bekannt ist, dass diese beim Menschen starke Reize für das Kindchenschema darstellen, wurden für die erste Gruppe als Stimuli für das Rating Bilder von Säugetieren (Similaritätsprinzip) (Borgi, 2016) verwendet. Zu jeder gezeigten Art (Hund, Katze, Hausschwein, Kaninchen, Bär) wurden sowohl adulte, als auch juvenile Tiere auf den Bildern gezeigt (Abb. A). Des Weiteren wurden den Probanden Bilder von nackten juvenilen und adulten Menschen gezeigt. Insgesamt sahen sich die Probanden 100 Bilder an, die nach den Punkten

1. Sexuelles Arousal (Erotic Rating)
2. Gefühl/Anspruch (Valence)
3. Unspezifisches Arousal (Arousal)

auf einer 9-Punkt-Likert-Skala (Bradley, 1993) bewertet werden sollten, wobei 1 die niedrigste Erregung und 9 die höchste des jeweiligen Unterpunktes darstellte. Vierzig dieser Bilder dienten als Distraktoren, die vom eigentlich zu untersuchenden Gebiet ablenken sollten. Den Probanden wurden also insgesamt sechzig (relevante) Bilder gezeigt; diese teilten sich in je dreißig Bilder von juvenilen und adulten Tieren auf.

Für die Untersuchung der zweiten Gruppe im fMRT wurden die Probanden (n = 150) primär instruiert, die Bilder, die ihnen gezeigt werden, genau und konzentriert anzusehen. Jeweils 30 kolorierte Bilder von juvenilen und adulten Tieren wurden in einem Blockdesign gezeigt, welches aus insgesamt sechs Blöcken, die aus je drei Blöcken mit juvenilen und drei mit adulten Tieren zusammengesetzt waren, bestand. In jedem Block wurden Bilder von je zehn Tieren gezeigt. Die Bilder wurden in der Reihenfolge → Juvenil – Adult – Juvenil – Adult – Juvenil – Adult ← gezeigt. Jedes Bild wurde dem Probanden für 1,5 Sekunden und ohne Pause zwischen den Bildern präsentiert, somit bestand ein Block aus einer Länge von 15 Sekunden. Das Interblockintervall, in dem kein Bild gezeigt wurde, hatte ebenfalls eine Länge von 15 Sekunden, woraus eine Gesamtuntersuchungszeit von 2 Minuten und 45 Sekunden resultierte.

Die Bilder wurden durch die Software „Presentation®“ und einen Videoprojektor, welcher die Stimuli direkt an einen Bildschirm hinter dem MRT-Scanner projizierte, angesehen. Die Bilder wurden vom Bildschirm über einen Spiegel, der am Kopf der Magnetspule befestigt war, für die Probanden sichtbar.

2.4 Bildakquisitionsparameter

Bedingt durch die drei unterschiedlichen Standorte, an denen der Versuch durchgeführt wurde, wurden den Probanden die Stimulusbilder über drei unterschiedliche 3-Tesla-MRT-Scanner mit 32-Kanal-Magnetspulen dargeboten. Diese drei Scanner gehörten zu den beiden Herstellern Siemens (Siemens Skyra und Siemens Trio) und Philips (Philips Achieva).

Die T2*-gewichteten Bilder (funktionelle Bilder) wurden bei allen Scannern über eine EPI-Sequenz (**E**cho **P**lanar **I**maging) erstellt. Die Bildakquisitionsparameter sind Tabelle D zu entnehmen.

Parameter	Einstellung
Slices	38
Field of view	624 mm
Voxel size	2.3 x 2.3 x 3 mm
Time of repetition	2400 ms
Echo time	30 ms
Flip angle	80°
Distance factor	10%

Tab. D: EPI-Einstellungen.

Die T1-gewichteten Bilder (strukturelle Bilder) wurden bei allen Scannern über eine MPRAGE-Sequenz (**M**agnetization-**p**repared **r**apid **a**cquisition **g**radient **e**cho) erstellt. Die MPRAGE-Einstellungen sind Tabelle E zu entnehmen.

Parameter	Einstellung
Slices	192
Field of view	256 mm
Voxel size	1 x 1 x 1 mm
Time of repetition	2500 ms (Siemens) / 8.4 ms (Philips)
Echo time	4.37 ms (Siemens) / 3.9 ms (Philips)
Flip angle	7°
Distance factor	50%

Tab. E: Akquisitionsparameter des strukturellen 3D-Datensatzes.

2.5 Statistische Analyse

Die entscheidende Messgröße in den fMRT-Experimenten ist das BOLD-Signal, welches aufgrund der neurovaskulären Kopplung Auskunft über regionale Hirnaktivität gibt, die statistisch untersucht wird. Das räumlich hoch aufgelöste BOLD-Signal ist proportional zur regionalen Sauerstoffausschöpfung des Bluts im Gehirn, die als Maß für die Intensität der Aktivität von Neuronenpopulationen angenommen werden kann (Logothetis, 2008). Dazu nutzt man das Phänomen der neurovaskulären Kopplung: Die lokale Hirndurchblutung wird der neuronalen Aktivität angepasst (Rosengarten, 2005).

2.5.1 Statistische Analyse: Die Modellbildung

Die zentrale Methode der Auswertung stellt in dieser Analyse das Generalisierte Lineare Modell (GLM) dar. Hierbei wird eine multiple Regression auf jedes mittels MRT gemessene Volumenelement (Voxel) des Gehirns der Testperson angewandt, in Abhängigkeit von der gewählten Designmatrix. (Oakes, 2007). Da wir in unserer Auswertung mit Zufallseffekten (Random Effects) zu tun haben, verwenden wir die generalisierte Form der Linearen Modelle.

An sich handelt es sich beim GLM um ein statistisches Modell, welches als Spezialfall unter anderem eine Regressionsanalyse beinhaltet, die im Kontext unserer fMRT-Analyse von besonderer Relevanz ist (Soch, 2016). Hierbei wird für jedes vom fMRT aufgezeichnete Voxel im 3D-Raum jeweils ein Modell geschätzt, wobei alle Modelle die identischen Prädiktoren enthalten. Das GLM ist damit (im Kontext) die Gesamtheit aller geschätzten Einzelmodelle (Friston, 1994).

Für jedes Voxel sollte die lineare Kombination aller Regressoren (welche mit ihrem jeweiligen individuellen Faktor gewichtet wurden) den gemessenen Grauwert (Y) ergeben. Für jeden Regressor und jedes Voxel wird ein Faktor, β , geschätzt, der über alle Zeitpunkte hinweg nach linearer Kombination aller faktorierten Regressoren die gemessenen Grauwerte möglichst gut annähert, also die Abweichung von den gemessenen Werten (Fehlerterm) möglichst klein hält.

Das Ergebnis Y (die mittels fMRT gemessenen Aktivierungsdaten) ist dabei linear von bestimmten Bedingungskonstellationen abhängig und definiert eine Matrix von BOLD-Signalen (Grauwerte des Echoplanar-Bilds), wobei jede Spalte ein einzelnes Voxel repräsentiert, das zu aufeinanderfolgenden Zeitpunkten abgetastet wird (Abb. B; Friston, 1994). Es muss allerdings bedacht werden, dass jedes Voxel zunächst einzeln beobachtet wird und es sich nicht um eine Gruppenanalyse handelt (Friston, 1994).

Die Bedingungskonstellationen setzen sich aus folgenden Parametern zusammen, welche durch den jeweiligen Versuchsaufbau, insbesondere die Präsentation der Stimuli im Verlauf der Zeit, gegeben sind:

X bezeichnet die Regressoren beziehungsweise Covariaten, in unserem Falle also die Designmatrix (Friston, 1994). Jeder Stimulus-Typ (in unserem Fall also die Bilder juveniler und adulter Tiere) wird als Regressor bzw. Prädiktor in das Modell aufgenommen. Es wird dann mit der hämodynamischen Antwortfunktion gefaltet;

diese zeigt die Sauerstoffausschöpfung im Bereich der aktivierten Neuronen gut an (Logothetis, 2008). Als weitere Regressoren können zusätzlich andere Bedingungen, wie beispielsweise Informationen über die Bewegung der Probanden im Raum über die Zeit, modelliert werden.

β (parameter estimate) ist der Wert, der im Rahmen der GLM-Berechnung geschätzt und damit die Regressionsgerade bestimmt, während ϵ den unabhängigen und normalverteilten Restfehler definiert (Friston, 1994). Dieser Restfehler sollte möglichst klein gehalten werden, was bedeutet, dass die Abweichung der gemessenen Werte so klein wie möglich ausfallen soll. Entsprechend entsteht für jeden Regressor ein dreidimensionales „Beta-Bild“, das für jedes Voxel den vorbeschriebenen Schätzwert (Faktor vor dem jeweiligen Regressor) enthält.

Grundsätzlich wird das GLM also über folgende (Grund-)Formel auf eine fMRT-Analyse angewandt: $Y = X * \beta + \epsilon$ (Abb. B; Friston, 1994).

2.5.2 Hypothesentestung mittels des geschätzten GLM

Um die Wahrscheinlichkeit vom Untersucher bestimmter Hypothesen zu bestimmen, werden sogenannte Kontraste definiert, die eine lineare Kombination der Beta-Bilder (sogenannte Kontrastbilder, con images (con = Contrast applied to design matrix)) beschreiben (Rose, 2018), sodass Fragen folgender Form beantwortet werden können: „Wo im Gehirn, d. h. in welchen Voxels, ist die definierte lineare Kombination der geschätzten Beta-Werte signifikant von der Nullhypothese (zufällige Aktivierung) verschieden?“

Kontrastbilder wurden für jede Stimulusbedingung sowie die differentielle Aktivität zwischen den Stimulusbedingungen berechnet (juveniles Tier, adultes Tier, juveniles Tier – adultes Tier). Die resultierenden con images stellen die Grundlage einer Gruppenanalyse dar (Abschnitt 3.5.5).

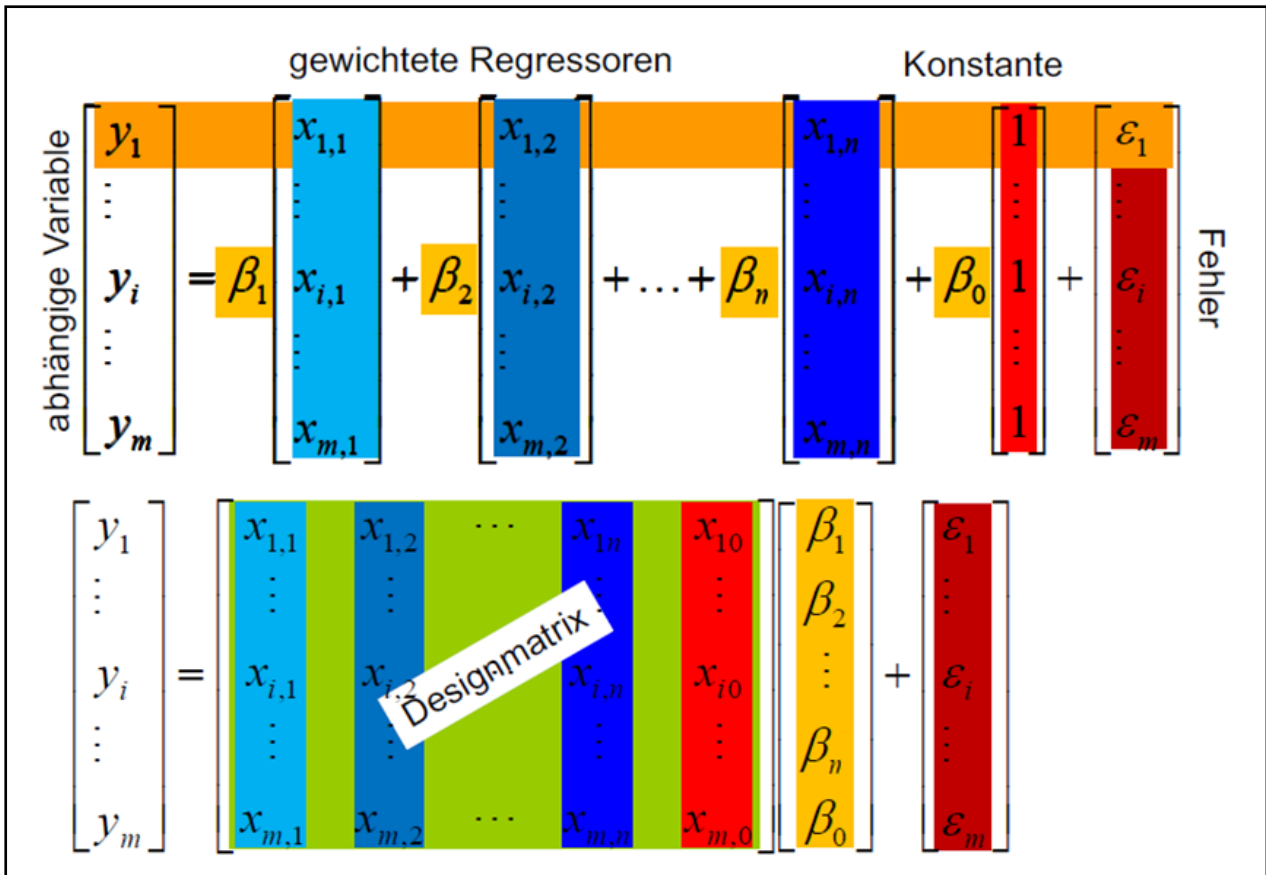


Abb. B (modifiziert nach Sommer-Blöchl, 2018): Designmatrix des GLM. Jedes einzelne Voxel wird zu unterschiedlichen Zeitpunkten abgetastet, wodurch aus der Grundformel eine Matrix entsteht.

Legende:

y ($i = 1 \dots m$): Mittels BOLD-fMRT zu einem Zeitpunkt i gemessene Werte, y ist jeweils eine dreidimensionale Matrix (insgesamt m solche)

x ($i = 1 \dots m, j = 0 \dots n$): Für jeden Zeitpunkt i gegebener Regressor (Prädiktor), x ist jeweils ein Vektor (insgesamt n solche)

β ($j = 0 \dots n$): Zu schätzende Faktoren (Parameter estimates) für jeden der n Regressoren zuzüglich eines Faktors $[\beta(0)]$ für einen konstanten Term („Offset“); β ist eine dreidimensionale Matrix (insgesamt n solche)

ϵ ($1 \dots m$): Fehlerterm (β -Werte werden so geschätzt, dass ϵ minimal ist), ϵ ist eine dreidimensionale Matrix (insgesamt m solche)

m : Anzahl der Akquisitionszeitpunkte (Anzahl der 3D-BOLD-sensitiven Bilder)

n : Anzahl der Regressoren (im Ermessen des Experimentators, abhängig von der Komplexität des Modells)

i, j : Indizes

2.5.3 Statistische Analyse: Die Vorverarbeitung

Die Vorverarbeitung der Daten erfolgte über die Software SPM8 (The Wellcome Centre for Human Neuroimaging, London, 2018) und diente dazu, die Bilder so zu verarbeiten, dass sie miteinander vergleichbar werden und der statistischen

Zeitreihenanalyse zugeführt werden können. Die T2*-gewichteten (EPI-)Bilder wurden zuerst einem Realignment unterzogen: Der Patient bewegt sich im Scanner, was die gewonnenen Bilder von Zeitpunkt zu Zeitpunkt gegeneinander verschiebt (Hebart, 2012). Im Rahmen des Realignments werden diese Effekte kompensiert mittels einer Rigid-Body-Koregistrierung, welche mehrere Bilder durch Verschieben und Rotieren im Raum gegeneinander maximal korreliert (Gearing, 2004; Hebart, 2012), ohne die Bilder zu verzerren (rigid body) und ohne die Grauwerte anzutasten (Koregisiterung). Im nachfolgenden Schritt wurden auf die individuellen T1-gewichteten MP-RAGE-Bilder eine Normalisierung (Bilder werden auf ein Template projiziert und damit in eine einheitliche Form gebracht) und eine Koregistrierung (T1- und EPI-Bilder werden räumlich zur Deckung gebracht) angewandt (im Gegensatz zum rigid body wird bei der Normalisierung eine Verzerrung der Bilder ermöglicht (Warping)): Die anatomischen und funktionellen Bilder müssen sich am Ende räumlich decken, um valide anatomische Zuordnungen treffen zu können. Die nichtlineare räumliche Normalisierung erfolgte mittels der Segmentfunktion des SPM-Programms. Bei diesen normalisierten Bildern wurde ein Spatial Smoothing mit einem Kernel von 8 mm^3 durchgeführt, um Ungenauigkeiten der räumlichen Vorverarbeitung zu verringern und das Signal-zu-Rauschen-Verhältnis zu erhöhen. (Rosenfeld, 1982; Hebart, 2012).

Schritt	Funktion
Realignment „Neuausrichtung“	Aufeinanderreihung der unbearbeiteten Bilder einer Einzelperson, um Bewegung auszugleichen (räumliche Deckung wird erzielt, keine Verzerrung)
Normalization „Normalisierung“	Das Bild des Gehirns wird in eine auf eine Gehirnvorlage (Template) passende Form gebracht, Verzerrung möglich
Coregistration „Koregistrierung“	Bildreihen unterschiedlicher Modalitäten (beispielsweise anatomisch [T1] und funktionell [EPI] werden zur räumlichen Deckung gebracht

Smoothing
„Glätten“

Erhöhung des Signal-zu-Rausch-
Verhältnisses und Kompensation für
Ungenauigkeiten der Koregistrierung
mittels Glättung (Gauß-Filter)

Tab. F: Funktionen der Vorverarbeitung.

2.5.4 Statistische Analyse: First Level

Die First-Level-Analyse beschreibt die individuelle Analyse, bei der für jeden einzelnen Probanden eine individuelle statistische Karte entsteht, die anzeigt, wo im Gehirn die überprüfte Hypothese mit welcher Wahrscheinlichkeit bestätigt werden kann. Hierzu wurden die im Blockdesign präsentierten Stimuli in einem GLM (Abschnitte 2.5.1 und 2.5.2) für die MRT-Zeitreihe spezifiziert, wobei separate Regressoren für jede Stimulusbedingung verwendet wurden. Zusätzlich wurde, um aus technischen Gründen (Erwärmung des Tomographen) resultierende Niedrigfrequenzdrifts (0,0 – 0,015Hz) im BOLD-Signal zu entfernen, ein High-Pass-Filter eingesetzt, das diese Drifts eliminieren kann (Smith, 1998) und dessen Cut-Off bei 128 s lag. Das Vorhandensein solcher Niedrigfrequenzdrifts kann einzelne Paradigmen in einem Blockdesign unbrauchbar machen (Smith, 1998).

2.5.5 Statistische Analyse: Second Level

Die Second-Level-Analyse befasst sich mit der Gruppenauswertung. Dies bedeutet, dass die im First-Level entstandenen individuellen statistischen Karten bzw. kontrastabhängigen Kombinationen der geschätzten Parameter (β , parameter estimates) nun mittels Varianzanalyse (ANOVA) in einem Zweistichproben-t-Test gruppenweise miteinander (bzw. gegenüber der Nullhypothese „kein nicht-zufälliger Effekt“) in Bezug gesetzt werden können. Der Zwei-Stichproben-t-Test stellt einen Mittelwertsvergleich der statistischen Karten dar (Abb. C): Es kann untersucht werden, wo im Gehirn mit welcher Wahrscheinlichkeit die in Form eines Kontrastes getestete Hypothese für die untersuchte Gruppe erfüllt scheint. Hierzu nutzt man die entstandenen con images: Bilder, die von SPM8 berechnet werden, sobald man einen Kontrast in Bezug auf die Gewichtung der jeweiligen Kondition spezifiziert hat. Die Gruppenauswertung wurde in drei unterschiedlichen Second-Level-Analysen durchgeführt.

Der t -Wert bei zwei unabhängigen Stichproben (X_1 und X_2) wird wie folgt berechnet:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{s_p \cdot \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{\overbrace{\bar{X}_1}^{\text{Mittelwert der ersten Stichprobe}} - \overbrace{\bar{X}_2}^{\text{Mittelwert der zweiten Stichprobe}}}{\underbrace{\left(\frac{\sum X_1^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{n_1}}{n_1 + n_2 - 2} + \frac{\sum X_2^2 - \frac{(\sum X_2)^2}{n_2}}{n_1 + n_2 - 2} \right)}_{\text{geschätzte Varianz von } X_1 \text{ und } X_2} \cdot \underbrace{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}_{\text{Korrektur um in den Standardfehler der Stichprobe umzurechnen}}}$$

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Standardfehler der Differenz des Mittelwerts zweier Stichproben

Abb. C (modifiziert nach Hemmerich, 2011 - 2019): Zwei-Stichproben-t-Test. Dieser bezieht sich auf die con images; für jedes Voxel wird über alle con images einer Gruppe der Mittelwert gebildet und mit dem der anderen Gruppe verglichen. Durch die Voxels, die sich signifikant unterscheiden, entstehen die sichtbaren statistischen Karten.

Legende:

X = Zufallsvariable der Stichprobe, in unserem Fall also die Variablen der Gruppen der pädophilen und teleiophilen Probanden

n = Stichprobengröße der jeweiligen Gruppe

s = Standardabweichung

Die erste Second-Level-Analyse untersuchte die Frage, ob es eine differenzielle Antwort auf juvenile Tierreize im Gegensatz zu den adulten gibt, und ob diese Antwort bei Pädophilen und Teleiophilen anders ausfällt. Dazu wurde der oben erwähnte Zwei-Stichproben-t-Test verwendet. Weiterhin wurden so genannte Kovariaten definiert: Unterschiedliche Variablen könnten Einfluss auf das Ergebnis der Studie haben, die allerdings zwangsläufig durch den Versuchsaufbau mit erhoben werden müssen. Der Einfluss dieser Variablen kann mittels Kovarianzanalyse neutralisiert werden (Bortz, 2010). Als Kovariate ohne Interesse wurde zusätzlich die Scanner Site (Kovariate 1: Scanner Berlin / Scanner Kiel, Kovariate 2: Scanner Hannover / Scanner Kiel) eingefügt. Die Unterschiede in den Grauwerten der jeweiligen Scanner werden somit ausgeglichen und können für die Erklärung eine Varianz in den Ergebnissen unterschiedlicher Scanner herangezogen werden. Da sowohl der Scanner in Hannover als auch der in Berlin mit dem in Kiel

verglichen wurden, kann davon ausgegangen werden, dass die Varianz der Grauwerte der Scanner keinen Einfluss mehr auf das Ergebnis der Studie hat.

Das a-priori-Interesse galt der rechten anterioren Insula, weshalb diese als Region of interest (ROI) definiert wurde. Zu dieser wurden Voxels innerhalb einer Kugel mit dem Radius 8 mm um den Mittelpunkt mit den Koordinaten $X = -34$, $Y = 20$ und $Z = 2$ (linke Insula) und $X = 38$, $Y = 18$ und $Z = 2$ (rechte Insula) gezählt. Diese Koordinaten wurden aus einer Metaanalyse (Eickhoff, 2009) bisher durchgeführter Studien bezüglich Insula-Aktivierung errechnet (Leibenluft, 2004; Noriuchi, 2008; Lenzi, 2009; Streathern, 2009; Caria, 2012; Abraham, 2014).

Die zweite Second-Level-Analyse beschäftigte sich lediglich mit der Gruppe der pädophilen Probanden; hier wurde untersucht, ob es Unterschiede in der Verarbeitung juveniler und adulter Tierbilder gibt und ob es überhaupt eine differenzielle Antwort auf juvenile Tierreize im Gegensatz zu adulten Tierreizen gibt und umgekehrt. Das besondere Interesse dieser Analyse galt der Frage, ob bei der Gruppe der pädophilen Probanden die Antworten der juvenilen Tiere die der adulten überdecken würden. Auch hier wurde ein Full-Factorial-Design mit einer Scanner Site als Kovariate ohne Interesse genutzt. Dazu wurden auch hier statistische Karten genutzt, die unsere Hypothese über ein generelles lineares Modell, Regressionskoeffizienten und einen t-Test testen (Friston, 1994). Zudem wurden die entstehenden Karten mit den Karten der Second-Level-Gruppenanalyse der jeweiligen Bedingung maskiert (inklusive Maske, korrigiert für eine Signifikanzschwelle von $p > 0.05$).

Die dritte Second-Level-Analyse war identisch mit der zweiten, mit dem einzigen Unterschied, dass hier der Effekt der Bilder juveniler und adulter Tiere bei der Gruppe der teleiophilen Probanden untersucht wurde. Das bedeutet also, dass die folgende Hypothese getestet wird: Es gibt bei der Verarbeitung der Bilder keine Unterschiede in den statistischen Karten der ROI. Die Maskierung (inklusive Maske, korrigiert für eine Signifikanzschwelle von $p > 0.05$) erfolgt hier durch die Antworten von Teleiophilen auf juvenile Tiere.

Mit Ausnahme der maskierten fMRT-Analysen wurde das Signifikanzniveau auf $P < 0.05$ festgelegt. Dazu wurde eine Family-wise-error-correction (FWE) mit einem primären clusterdefinierenden Signifikanzniveau von P (unkorrigiert) < 0.001 auf Voxel-Ebene genutzt (Eklund, 2016).

Wir entschieden uns für FWE als Korrekturverfahren multipler Vergleiche, da nachgewiesen werden konnte, dass die RFT für ausreichend geglättete Daten ein gutes und valides Ergebnis zeigt (Nichols & Hayasaka, 2003).

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse Rating

Gemessen wurden in der neunpunktigen Likert-Skala drei Unterpunkte: Sexuelle Erregung (wie erotisch/sexuell erregend fand der Proband das Bild?), Gefühlsebene/Anspruch (welche Emotionen empfindet der Proband beim Betrachten des Bildes? Macht es ihn glücklich oder unglücklich?) und unspezifisches Arousal (wie aufregend oder anregend empfindet der Proband das Bild? Dies gilt sowohl auf sexueller, als auch auf nichtsexueller Ebene). Die Ratings der pädophilen Teilnehmer unterschieden sich nicht von den Ratings der teleiophilen Teilnehmer (Abb. D, Abb. E). Dies trifft auf alle drei Kategorien zu. Werte in „[]“ zeigen die Standardabweichung an.

- Die Auswertung der sexuellen Erregung zeigte bei Pädophilen einen Wert von 1 [0,05] und bei Teleiophilen einen Wert von 1 [0] bei $T = 1,16$ und $P = 0,25$ im Bezug auf Tierkinder. Bei adulten Tieren zeigte sich bei Pädophilen und Teleiophilen ebenfalls einen Wert von 1 [0,02] bei $T = 0,65$ und $P = 0,52$.
- Im Hinblick auf die Gefühlsebene / den Anspruch konnte im Bezug auf Tierkinder bei Pädophilen ein Wert von 6,2 [1,5] und bei Teleiophilen ein Wert von 6,2 [1] bei $T = 0$ und $P = 1$ festgestellt werden. Die adulten Tiere ergaben bei den pädophilen Probanden einen Wert von 5,3 [1,6] und den teleiophilen 5,4 [0,7] bei $T = -0,4$ und $P = 0,69$.
- Beim unspezifischen Arousal konnte bei der pädophilen Gruppe bei Tierkindern einen Wert von 1,7 [1,3] und der teleiophilen Gruppe 2,2 [1,3] bei $T = -1$ und $P = 0,32$ festgestellt werden. Es ergab sich bei den adulten Tieren für Pädophile ein Wert von 1,5 [0,9] und bei Teleiophilen 2 [1,2] bei $T = -1,31$ und $P = 0,19$.

Alle t-Tests wurden zweiseitig angewandt.

Die Ergebnisse des Ratings zeigen, dass sowohl die Gruppe der pädophilen als auch die Gruppe der teleiophilen Probanden Bilder von Tierkindern und erwachsenen Tieren nicht sexuell erregend finden, so erreichen beide Gruppen einen Wert von 1 auf der Likert-Skala, was dem kleinstmöglichen Wert auf dieser Skala entspricht (Carifio, 2007).

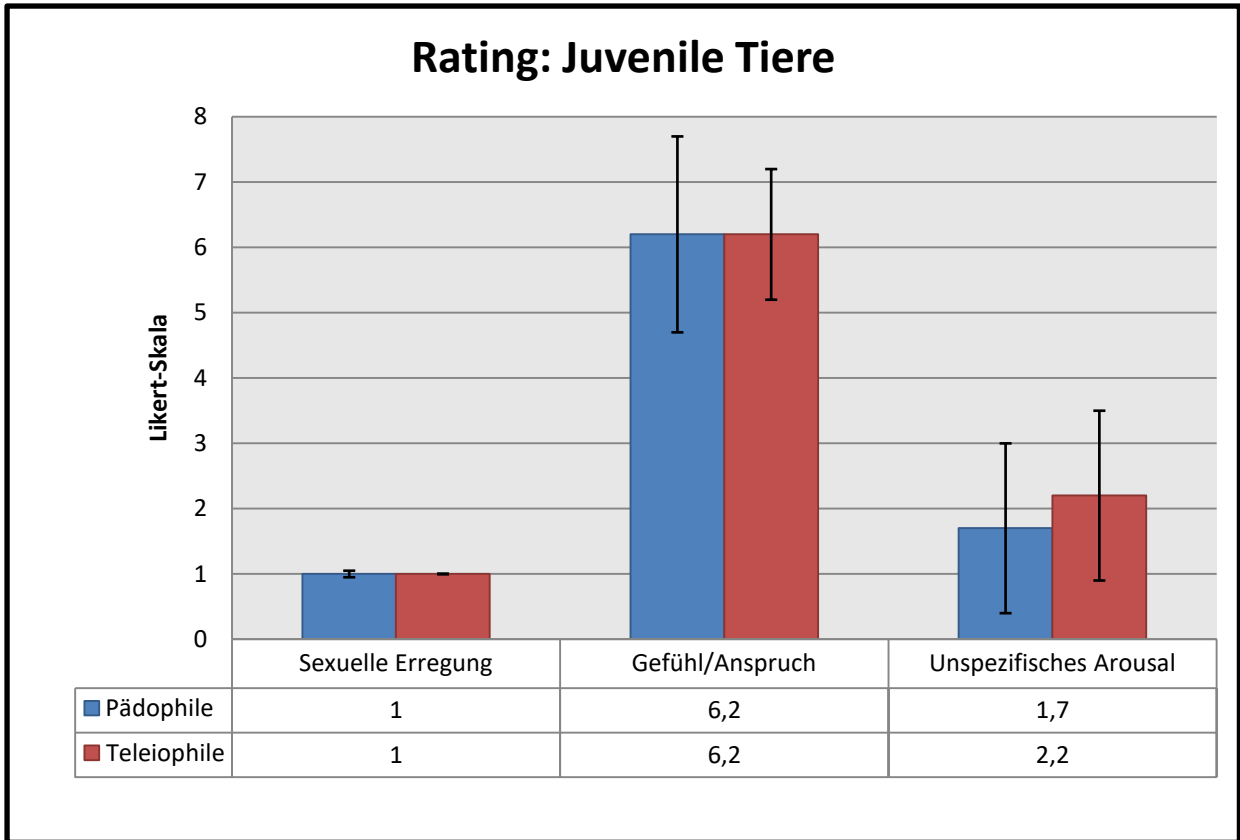


Abb. D: Ergebnisse Rating. Vergleich Pädophile/Teleiophile im Hinblick auf Reize durch juvenile Tiere.

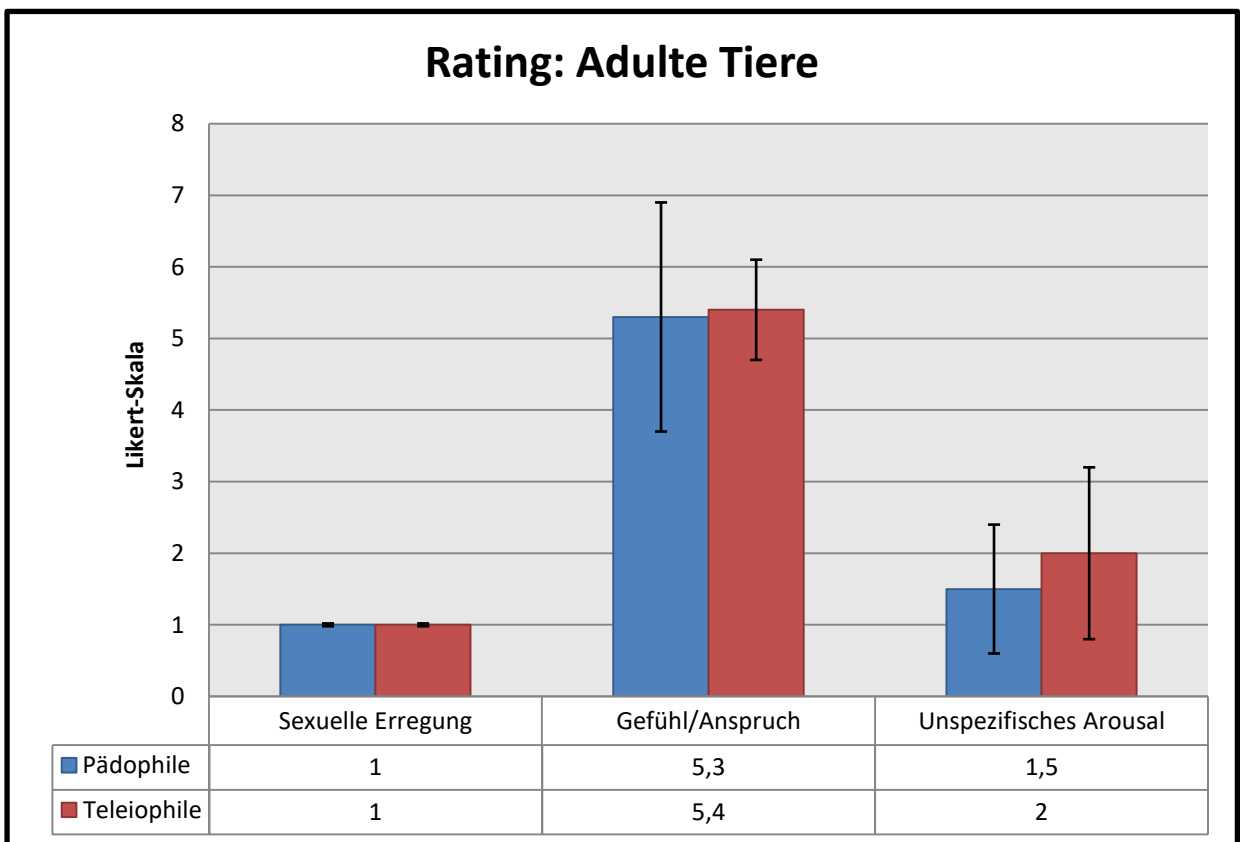


Abb. E: Ergebnisse Rating. Vergleich Pädophile/Teleiophile im Hinblick auf Reize durch adulte Tiere.

3.2 Ergebnisse fMRT-Untersuchung

3.2.1 Differenzieller Kontrast: Juvenile Tierreize im Gegensatz zu den adulten

In unserem ersten Second-Level-Kontrast (die erste Second-Level-Analyse untersuchte die Frage, ob es eine differenzielle Antwort auf juvenile Tierreize im Gegensatz zu den adulten gibt und ob diese Antwort bei Pädophilen und Teleiophilen anders ausfällt) fanden wir in drei Clustern statistische Karten, die uns zeigten, in welchen Hirnregionen unsere Hypothese zutrifft (Abb. G, Tab. G). Diese zeigten sich wie folgt:

1. Cluster 1 erstreckte sich über den rechten anterioren Inselkortex bis zum medialen und superioren frontalen Gyrus.
2. Cluster 2 befand sich beidseits des Interhemisphärenspalts im superioren frontalen Gyrus mit Einschluss des supplementär-motorischen Areals (SMA), des prä-supplementär-motorischen Areals (pre-SMA) und dem supplementären Augenfeld (SEF).
3. Das dritte Cluster erstreckte sich über den rechten medialen frontalen Gyrus und den superioren frontalen Gyrus mit Anteilen des dorsolateralen präfrontalen Kortex' (DLPFC).

Zusätzlich zeigte sich nach statistischer Korrektur für das interessierende „kleine“ Volumen (SVC = Small Volume Correction) ein Cluster im linken anterioren Inselkortex (Tab. G, Abb. F, Abb. G). Als Koordinaten nutzen wir den MNI-Raum („Montreal Neurological Institute Space“). Das MNI definiert über die Auswertung einer großen MRT-Scan-Serie einer Kontrollgruppe ein Standardgehirn, auf das unsere Scans projiziert werden (Chau, 2005).

Im Gegensatz dazu ließ sich, wenn man den entgegengesetzten Kontrast nutzt und in der Second-Level-Analyse die Frage stellt, wo statistische Karten entstehen, wenn man untersucht, ob adulte Tiere in Hirnarealen Cluster erzeugen, die juvenile Tiere nicht erzeugen, in keinem einzigen Hirnareal ein Cluster feststellen. Dies galt sogar dann, als wir eine unkorrigierte Schwelle von $P < 0.001$ verwendeten.

Hirnareal	Seite	Clustergröße [Voxel]	Z-Score-Maximum	MNI-Koordinaten [mm]		
				x	y	z
Anteriore Insula	R	533	4,79	36	26	04
Superiorer frontaler Gyrus	R		3,86	28	56	24
Dorsolateraler präfrontaler Kortex	R		3,52	34	34	18
Supplementär-motorisches Areal	R	473	4,27	12	02	54
Prä-supplementär-motorisches Areal	R		3,71	10	16	54
Supplementär-motorisches Areal	L		3,55	-04	06	56
Dorsolateraler präfrontaler Kortex	L	328	4,06	-28	34	20
Medialer frontaler Gyrus	L		4,02	-28	46	16
Superiorer frontaler Gyrus	L		3,80	-18	54	16
Anteriore Insula	L	24 (SVC)	3,59	-36	26	02

Tab. G: Differenzielle Antwort auf juvenile Tierreize im Gegensatz zu adulten. Bei Pädophilen konnten drei Areale detektiert werden, in denen ein Unterschied zu Teleiophilen besteht. SVC = Small volume correction. MNI = Montreal Neurological Institute

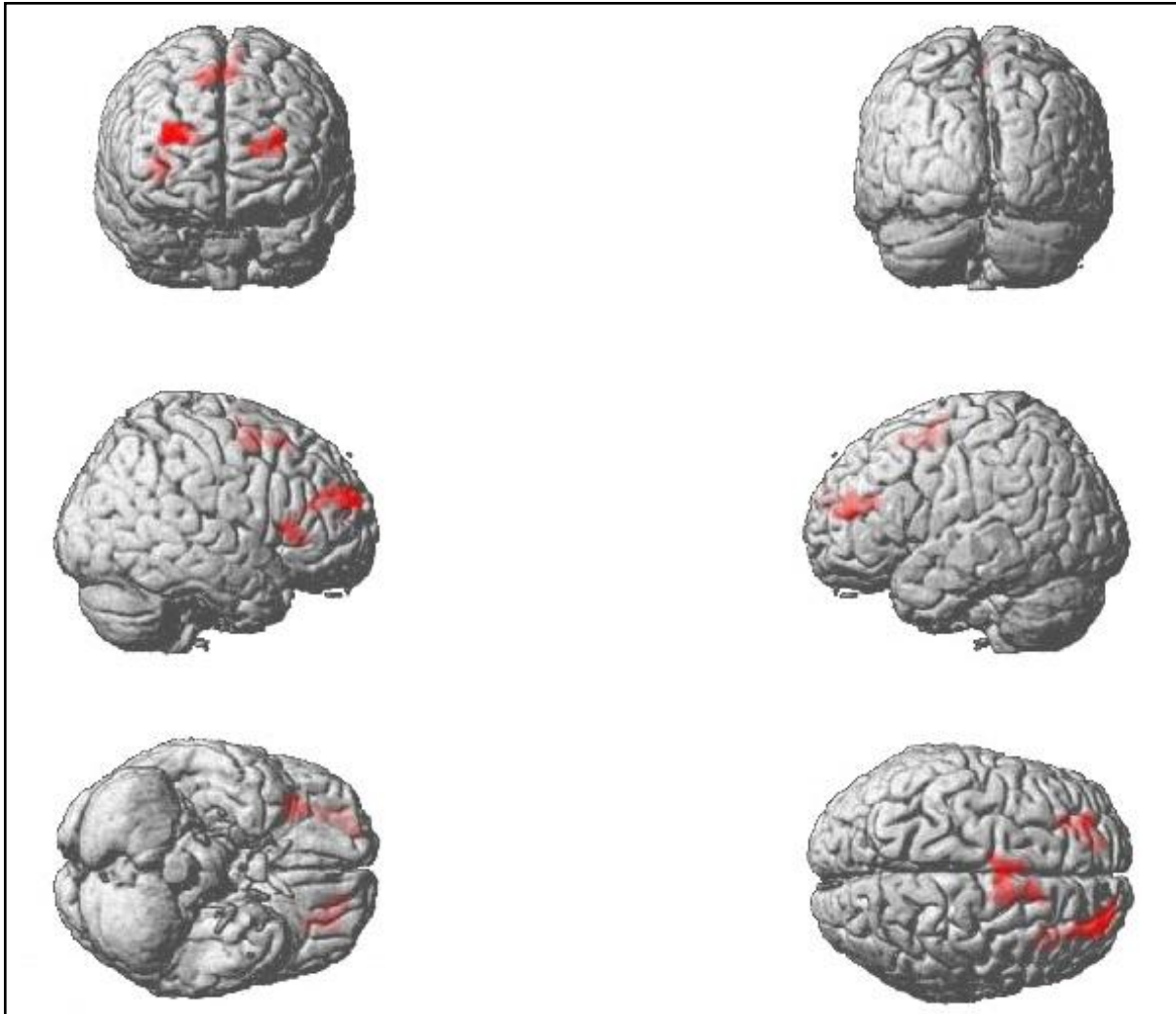


Abb. F: Differenzielle Antwort auf juvenile Tierreize im Gegensatz zu adulten bei Pädophilen in Arealen, in denen ein Unterschied zu Teleiophilen besteht. Die rote Farbintensität codiert für den Abstand der gefundenen Bereiche der statistischen Karten zur Oberfläche und zeigt die drei von uns gefundenen an.

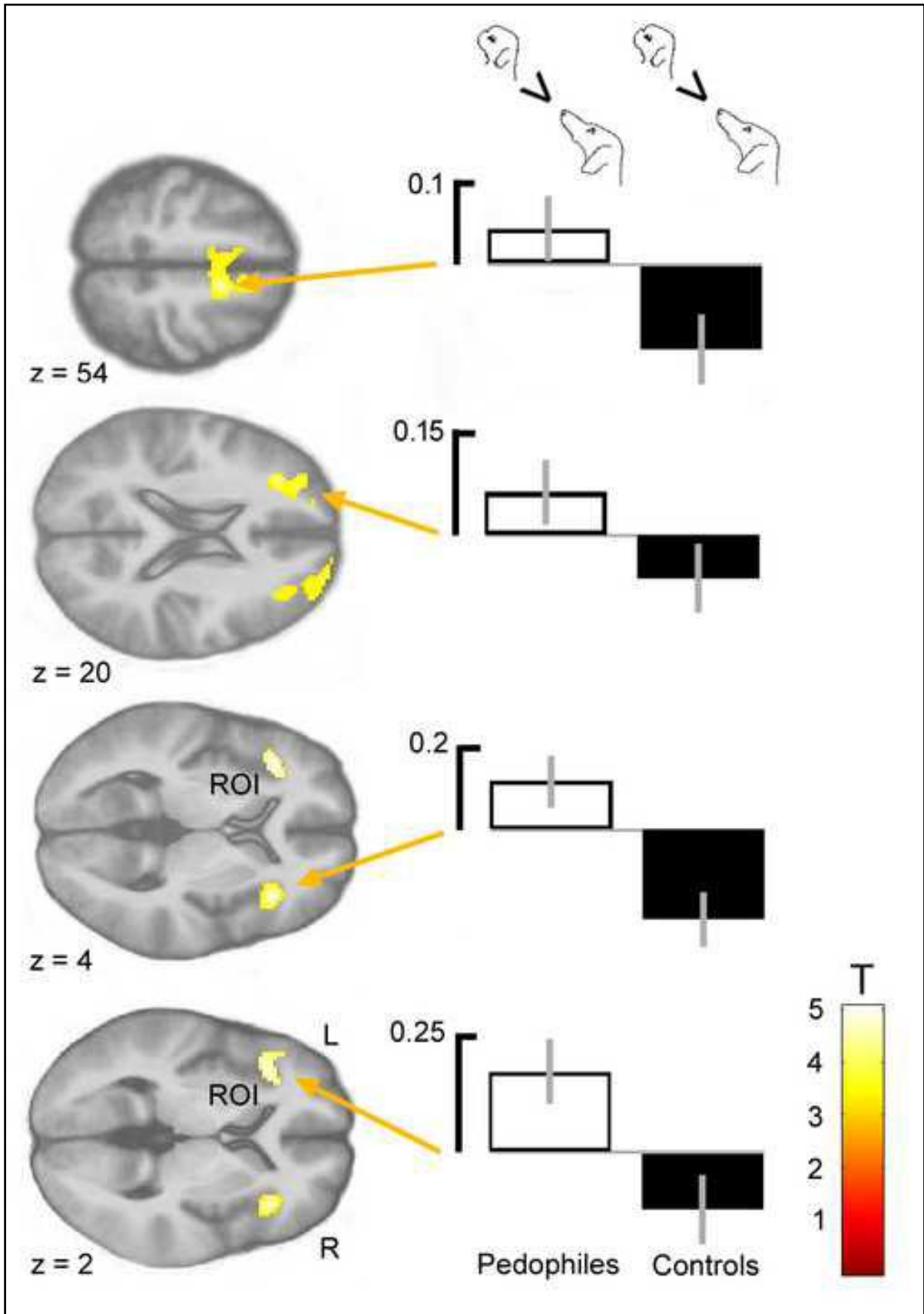


Abb. G: Differenzielle Antwort auf juvenile Tierreize im Gegensatz zu adulten bei Pädophilen in Arealen, in denen ein Unterschied zu Teleiophilen besteht. Die statistischen Karten werden in T-Werten angegeben.

3.2.2 Unterschiede in der Verarbeitung juveniler und adulter Tierbilder bei pädophilen Probanden

Der zweite Second-Level-Kontrast (Unterschiede in der Verarbeitung juveniler und adulter Tierbilder bei pädophilen Probanden) zeigte ebenfalls erhöhte Hirnaktivität (Abb. H). Diese zeigte sich in diesem Fall in einem Cluster, welches den linken Inselkortex mit Verlängerung zum anterioren periinsulären Sulcus und dem frontalen Operculum (Tab. H, Abb. H) mit einschließt.

Verwendeten wir den entgegengesetzten Kontrast und werteten die Second-Level-Analyse mit adulten Tieren relativ zu den juvenilen Tieren in der Pädophilen-Gruppe aus, ließ sich auch hier kein signifikanter Effekt detektieren.

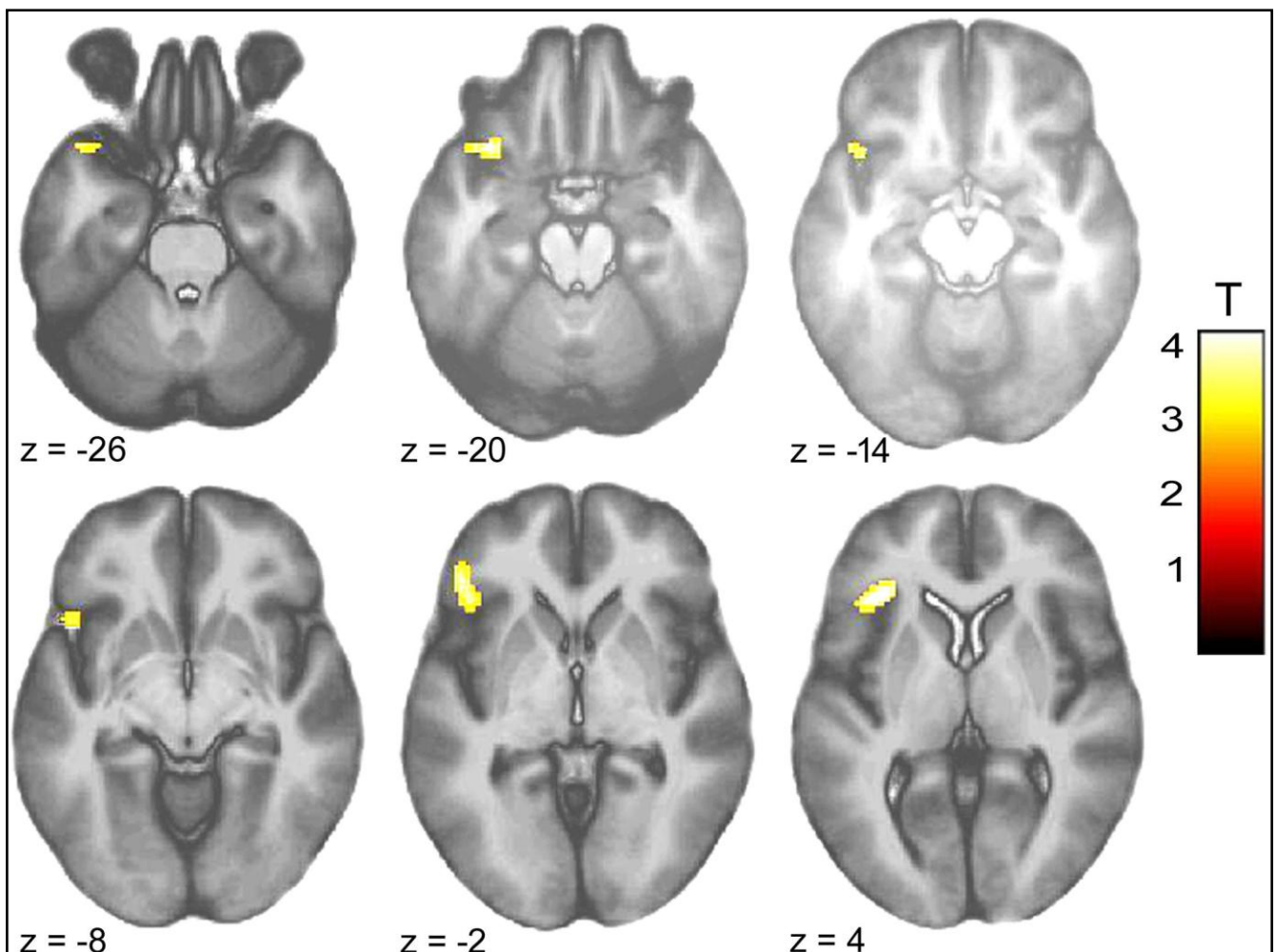


Abb. H: Unterschiede in der Verarbeitung juveniler und adulter Tierbilder bei pädophilen Probanden nach SVC. Bei den juvenilen Tierbildern zeigt sich eine statistische Karte in der linken anterioren Insula.

Hirnareal	Seite	Clustergröße [Voxel]	Z-Score-Maximum	MNI-Koordinaten [mm]		
				x	y	z
Anteriore Insula	L	290	4,00	-36	26	04
Medialer orbitaler Gyrus	L		3,89	-34	18	-22
Frontales Operculum	L		3,60	-46	32	00
Inferiore anteriore Insula	L		3,54	-46	18	-10

Tab. H: Unterschiede in der Verarbeitung juveniler und adulter Tierbilder bei pädophilen Probanden. In der anterioren Insula ist nach SVC eine statistische Karte beim Betrachten juveniler Tierreize zu erkennen. MNI = Montreal Neurological Institute

3.2.3 Unterschiede in der Verarbeitung juveniler und adulter Tierbilder bei teleiophilen Probanden

In der teleiophilen Kontrollgruppe waren keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Kontrasten juveniler Tiere relativ zu adulten Tieren und adulte Tiere relativ zu juvenilen Tieren festzustellen.

4. Diskussion

4.1 Allgemeine Erläuterungen

Das Ziel dieser Studie war es, festzustellen, inwiefern Reize, die bei teleiophilen Männern ein Brutpflege-Verhalten auslösen, bei pädophilen Männern als Auslöser sexuellen Verhaltens wirken können. Wir konnten feststellen, dass sich in unserer fMRT-Studie insbesondere in der anterioren Insula, dem supplementär-motorischen Kortex und dem dorsolateralen präfrontalen Kortex statistische Karten zeigen, die suggerieren, dass juvenile Tiere bei Pädophilen eine verstärkte Antwort in den Netzwerken für Paarung und Paarbindung auslösen.

Bisher ist bekannt, dass Bilder von Kindern, die dem Kindchenschema entsprechen, bei den meisten Menschen zu einem Brutpflegeverhalten führen (Leibenluft, 2004; Glocker, 2009a), bei Pädophilen allerdings ebenso im sexuellen Bereich eine Wirkung zeigen (Ponseti, 2014). Fraglich ist daher bisher, ob auch Bilder von juvenilen Tieren, die keine sexuelle Reaktion hervorrufen sollten (Biophilie-Hypothese) (Borgi, 2016), über die Verarbeitung des Kindchenschemas zu einem ähnlichen Ergebnis führen können.

In unserer Studie konnten wir Ergebnisse vorheriger Arbeiten reproduzieren, die eine Speziespezifität im Hinblick auf das Kindchenschema zeigten (z.B. Caria, 2012), zumindest im Bezug auf das Verhalten der Teleiophilen-Gruppe. Interessant hingegen ist, dass unsere Ergebnisse nahelegen, dass die Speziespezifität in der Gruppe der Pädophilen aufgehoben sein könnte. Auch hier können wir allerdings eine Beschränkung auf die implizite Prozessierung sehen – im subjektiv erhobenen Rating zeigt die Gruppe der Pädophilen dasselbe Ergebnis wie die teleiophilen Probanden: Sexuell zeigen sie subjektiv kein Interesse an juvenilen Tieren.

4.2 Erläuterung der statistischen Karten

Wir verwendeten in unserer Studie Bilder juveniler und adulter Tiere, um nicht direkt einen sexuellen Stimulus zu setzen. Eine mögliche Zoophilie unserer Probanden wurde im Vorfeld durch ein Rating ausgeschlossen. Im Zuge unserer MRT-basierten Studie unterschied sich die Hirnantwort auf die juvenilen Tiere (im Vergleich zu den adulten Tieren) der pädophilen Probanden von der entsprechenden Hirnantwort der

teleiophilen Kontrollgruppe. Die verstärkte Antwort der pädophilen Probanden zeigte sich vornehmlich in drei Hirnregionen:

1. Anteriore Insula
2. Supplementär-motorischer Kortex
3. Präfrontaler Kortex

All diese Regionen sind in motivationales Verhalten und die Brutpflege mit eingebunden. Die Aktivierung in diesen Bereichen sprechen also insgesamt für folgende Punkte:

4.2.1 Die anteriore Insula

Unsere Second-Level-Gruppenanalyse zeigte, dass die linke anteriore Insula bei der Verarbeitung der genutzten Stimuli bei Pädophilen eine entscheidende Rolle spielt. Der AIC ist im Allgemeinen der Ort, an dem Informationen aus dem motorischen und dem limbischen System zusammengeführt werden (Craig, 2009). Auch aus evolutionsbiologischer Perspektive rückt die Insula in den Fokus unserer Aufmerksamkeit: Vor etwa zweimillionen Jahren führte das Leben in Gruppen mit fester Partnerbeziehung zu einer Größenzunahme unseres Gehirns (Dunbar und Shultz, 2007), welche sich in zwei Teile gliederte: Zum einen die allgemeine Volumenzunahme des Gehirns, insbesondere des Frontallappens und der Vergrößerung der anterioren Inselbereiche (Teffer und Semendeferi, 2012), zum anderen die Entwicklung völlig neuer Hirnareale. Menschenaffen besitzen diese Struktur (anteriore Insula) nicht (Craig, 2009). Da Pädophilie bei nichtmenschlichen Primaten bisher unbekannt ist, erscheint es möglich, dass pädophile Funktionen von Hirnarealen ausgeführt werden, die sich nach dem Pan-Homo-Split entwickelt haben. Zu den Funktionen dieser Areale gehören unter anderem die Zeit-, Schmerz- und Selbstwahrnehmung, Empathie, die Fähigkeit, Entscheidungen zu treffen und die mütterliche Verbindung mit ihrem Kind (Craig, 2009). Die anteriore Insula ist zudem Teil des sogenannten „Parental-Caregiving-Neuronal-Network“ (Abraham, 2014); ihre Aktivierung wurde schon in vielen Studien gezeigt, wenn Erwachsene Bilder von Kindern sehen (Leibenluft, 2004; Caria, 2012; Abraham, 2014, Strathearn, 2009; Lenzi, 2009; Wittfoth-Schardt, 2012). In dieser Studie konnte vornehmlich die verstärkte Aktivierung der linken Insula beobachtet werden. Dies könnte unter

anderem daran liegen, dass in vorangegangenen Studien der Verdacht nahe gelegt wurde, die Insula könnte einer funktionellen Lateralisation unterliegen und gruppenbasierte Emotionen somit hauptsächlich in dem auch bei uns gefundenen Bereich aktiv verarbeitet werden (Bartels und Zeki, 2004; Johnstone, 2006; Koelsch, 2006; Jabbi, 2007; Ortigue, 2007; Takahashi, 2008), wohingegen Emotionen, die das Individuum betreffen, eher in der rechten Insula prozessiert werden (Craig, 2009; Duerden, 2013). Weiterhin gibt es konkrete Hinweise, dass der AIC für die Verarbeitung des Kindchenschemas speziesspezifisch zu sein scheint: Er reagiert zusammen mit dem prämotorischen Kortex, dem supplementär-motorischen Rindenfeld (SMA), dem Gyrus cinguli und dem Thalamus auf menschliche Reize mit einer stärkeren Antwort als auf tierische (Caria, 2012). Man darf dabei jedoch nicht außer Acht lassen, dass tierische Stimuli, die das Kindchenschema erfüllen, weiterhin starke Aktivoren des menschlichen Pflege- und Ernährungsverhaltens sind (Sherman, 2009; Golle, 2013; Borgi, 2014). Dies liegt unter anderem daran, dass das Tiergesicht eine zentrale Rolle in der Kommunikation Mensch – Tier einnimmt, da eine verbale Kommunikation meist nicht möglich ist (Borgi, 2016). Andere Studien zeigen außerdem Aktivierung der linken anterioren Insula bei sexueller Erregung des Gehirns (Stoléru, 2012). Feldmann et al. konnten nachweisen, dass sowohl die linke anteriore Insula als auch das supplementär-motorische Areal wichtige Bestandteile des menschlichen Systems sind, die Brutpflege und Paarbindung überhaupt erst ermöglichen (Feldman, 2016).

Zusammenfassend ergibt sich ein breites Funktionsspektrum für den AIC. Für uns erscheint hier besonders wichtig, dass der AIC als Teil des „Parental-Caregiving-Network“ auch von Kindchenschema erfüllenden tierischen Stimuli erregt werden kann und sowohl die parentale als auch die romantische Liebe in diesem Teil des Gehirns verarbeitet werden. Daraus ergibt sich ein weiterer Hinweis auf eine mögliche „Fehlverknüpfung“ der für Brutpflege und Sexualität zuständigen Areale.

4.2.2 Der supplementär-motorische Kortex

Der supplementär-motorische Kortex (SMA) ist ebenfalls an der Verarbeitung motivationaler Prozesse beteiligt und dient somit ebenfalls dem Prozessieren von Brutpflegeverhalten und Partnerbindung (Feldman, 2016). Er ist zudem essentieller

Bestandteil der Bewegungsplanung: Der SMA zeigt sich nicht nur aktiv, wenn der Proband sich bewegt, sondern auch dann, wenn er sich die Bewegung lediglich vorstellt (Roland, 1980). Funktionell ist der SMA mit dem prä-SMA verbunden, welcher eng mit dem in unserer Studie ebenfalls als aktiv gefundenen dorsolateralen präfrontalen Kortex (DLPFC) vernetzt ist (Lu, 1994; Wang, 2005).

4.2.3 Der dorsolaterale präfrontale Kortex

Die Aktivierung des dorsolateralen präfrontalen Kortex' (DLPFC) lässt ebenfalls die Nutzung motivationalen Verhaltens gegenüber den gezeigten Stimuli annehmen. Er stellt das höchste kortikale Areal dar, das in die Planung motorischer Aktionen involviert ist (Cui, 1999) und induziert motivationales Verhalten (Ballard, 2011). Zudem besteht eine funktionelle Verknüpfung mit der linken anterioren Insula (Seeley, 2007).

Die vorliegenden Ergebnisse legen also nahe, dass die gemeinsame Aktivierung dieser drei Regionen (AIC, SMA, DLPFC) die Aktivierung eines motivationalen Netzwerks reflektiert, welche durch die nichtmenschlichen Kindchenschemareize bei den pädophilen Probanden ausgelöst wurde.

4.3 Gedankenmodell der Entstehung von Pädophile

Insgesamt ist festzustellen, dass in dieser Studie pädophile Probanden auf juvenile Tierreize mit einer Aktivierung in einem Netzwerk reagieren, das sowohl für Paarbindung als auch für Brutpflegeverhalten zuständig ist. Dieses stützt unsere Hypothese, dass Pädophile für die Verarbeitung von Brutpflegeverhaltensreizen zusätzliche Ressourcen aus sexuell motivierten Bereichen erhält. Im Bezug auf kindliche Stimuli könnte dies bedeuten, dass diese Reize sexualisiert werden.

Das Ergebnis dieser Studie zeigt eine verstärkte Antwort pädophiler Probanden auf Stimuli juveniler Tiere in einem zentralnervösen Netzwerk, welches für die Steuerung motivationalen Verhaltens bekannt ist. Im Hinblick auf unsere Hypothese - Stimuli, die Brutpflegeverhalten aktivieren, müssten bei Pädophilen eine andere Reaktion hervorrufen als bei Teleiophilen und somit Hirnaktivität in anderen Arealen nachweisbar sein – liegt die Vermutung nahe, dass Stimuli, die bei Gesunden ein

Brutpflegeverhalten auslösen, bei Pädophilen zusätzliche Ressourcen aus anderen Hirnregionen beziehen, von denen einige auch auf Paarungsstimuli reagieren. Die verstärkte Antwort auf Brutpflegestimuli in den motivationalen Bereichen in Kombination mit dem funktionellen Überlappen der linken anterioren Insula für Brutpflege- und sexuelle Stimuli lässt uns ein vorsichtig zu betrachtendes Modell für die Entstehung von Pädophilie aufstellen, das wie folgt aussieht:

Stimuli, die bei Teleiophilen einen Stimulus für „Brutpflege“ darstellen, nutzen bei Pädophilen weitere Ressourcen zur Verarbeitung dieser Reize aus zusätzlichen Hirnarealen, die eigentlich dem Bereich der „Paarung“ und „Paarbindung“ zuzuordnen sind. Bei menschlichen Kindern führt dies zu einer Sexualisierung kindlicher Stimuli („Kindchenschema“) und somit zu einer, wie Eibl-Eibesfeldt postulierte, Erotisierung elterlicher Liebe.

4.4 Grenzen der Studie

Natürlich gibt es auch Grenzen dieser Studie, die nicht außer Acht gelassen werden dürfen:

Im Rahmen unserer Studie stellen wir ein mögliches Modell zur Erklärung der Hintergründe und Entstehungsmechanismen von Pädophilie auf. Nichtsdestotrotz gibt es noch andere Erklärungsmöglichkeiten für unsere Ergebnisse, die zu weiterführenden Studien motivieren sollten.

1. Die Hirnaktivität der pädophilen Testpersonen als Antwort auf die Reize der juvenilen Tiere könnte in einer Konditionierung im Sinne von wiederholten kindlichen Stimuli begründet liegen. Dies setzte jedoch voraus, dass sich die Gruppe der pädophilen Testpersonen bewusst sexuell zum konditionierten Stimulus, also den Tieren, hingezogen fühlt. Dies wurde durch das Rating jedoch im Vorfeld ausgeschlossen.
2. Es könnte sein, dass pädophile Männer an sich über eine höhere emotionale Kongruenz in Bezug auf Kinder verfügen und dementsprechend auf alle kindlichen Stimuli verstärkt reagieren. Auch auf dies wurde im Rating jedoch – Gefühl/Anspruch und unspezifisches Arousal zeigten keine Unterschiede zur teleiophilen Gruppe – kein Hinweis gefunden.

3. Die linke anteriore Insula ist sowohl für das Brutpflegeverhalten, als auch für das Verarbeiten sexueller Informationen zuständig. Es gibt aber noch keine Hinweise darauf, dass auch beide Domänen aktiv sind, wenn Informationen von juvenilen Tieren verarbeitet werden, sodass man diesen Aspekt nachfolgend noch abklären müsste.
4. Wir untersuchten das Brutpflege-System der pädophilen Gruppe lediglich im Hinblick auf Reize nichtmenschlicher Kinder. Daher können wir das Modell nicht generalisiert auf den Menschen übertragen, da wir nicht ausschließen können, dass die Ergebnisse beim Zeigen menschlicher Stimuli abweichen könnten.
5. Vor kurzem konnte nachgewiesen werden, dass ein gewisser Prozentsatz an fMRT-Untersuchungen falsch-positive Ergebnisse liefert (Eklund, 2016). Die Annahme, dass Pädophile auf Brutpflege-Stimuli verstärkt reagieren, fußt lediglich auf der fMRT-gestützten Beobachtung des Sauerstoffverbrauchs im Gehirn beim Betrachten bestimmter Bilder (BOLD-Effekt) und dem anschließenden Vergleich pädophiler und teleiophiler Probanden. Eine weitere Messung der Hirnaktivität (pädophiler und teleiophiler Probanden beim Betrachten von Stimuli juveniler Tiere), welche sensitiv auf Effekte des Kindchenschemas reagiert, wäre mit einer anderen Methode sinnvoll, beispielsweise mit der Messung evozierter Potenziale, für die diese Bedingung nachgewiesen ist (Luo, 2015). Dies würde es erlauben, den zeitlichen Verlauf der Gruppenunterschiede genauer zu untersuchen und damit die externe Validität der Ergebnisse dieser Studie erhöhen.
6. Wir stellten keinen signifikanten Effekt in dem Kontrast fest, der eine stärkere Aktivierung beim Betrachten juveniler Tiere im Gegensatz zu adulten Tieren bei teleiophilen Probanden im Gegensatz zu pädophilen Probanden hätte zeigen können. Das Fehlen eines Beweises dafür heißt jedoch nicht, dass dies ein Beweis für das tatsächliche Fehlen einer möglichen Aktivierung ist. Es gibt viele Gründe, weshalb eine statistische Karte leer bleibt (wie beispielsweise unzureichende Sensitivität). Auch dies müsste in nachfolgenden Studien genauer untersucht werden.

5. Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Studie untersuchten wir die Frage, ob bei pädophilen Männern nichtsexuelle Kindchenschema-Reize zu einer Aktivierung in für die Sexualität bedeutenden Arealen des Gehirns führen, die sich von teleiophilen Männern unterscheiden, um zu beurteilen, ob zentralnervöse Netzwerke, die Brutpflege- und Fortpflanzungsverhalten steuern, bei pädophilen Männern über zusätzliche Verknüpfungen mit für die Sexualität bedeutenden Arealen verfügen, welche bei teleiophilen Männern nicht vorliegen.

Die These

„Stimuli, die Brutpflegeverhalten im menschlichen Gehirn aktivieren, könnten bei Pädophilen im Gegensatz zu Teleiophilen eine zusätzliche Reaktion in für die Sexualität bedeutenden Arealen hervorrufen, daher müsste bei diesen Menschen Hirnaktivität in zusätzlichen für die Brutpflege oder Sexualität bedeutenden Arealen nachweisbar sein.“

wurde in einem fMRT-basierten Versuchsaufbau mit Bildern juveniler und adulter Tiere getestet und gruppenstatistisch ausgewertet.

Meine Aufgabe bestand aus folgenden zwei Punkten:

1. Testung der Probanden im Bereich des Ratings, inklusive der Erstellung der Likert-Skala
2. Statistische Auswertung der fMRT-Daten inklusive räumlicher Bildvorverarbeitung und der Einzelprobanden- sowie Gruppenanalysen.

Diese Auswertung ergab in der Gruppe der pädophilen Probanden erhöhte Hirnaktivität im Vergleich mit der teleiophilen Kontrollgruppe auf Reize juveniler Tiere im Bereich der anterioren Insula, dem supplementär-motorischen Kortex und dem dorsolateralen präfrontalen Kortex.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass Pädophilie zumindest teilweise auch durch ein überaktives Brutpflegesystem verursacht sein kann.

Abschließend lässt sich Folgendes festhalten:

Juvenile Tiere lösen bei Pädophilen eine verstärkte Antwort in den Netzwerken für Paarung und Paarbindung aus. Eine Übertragung dieser Ergebnisse auf menschliche Kindchenschema-Stimuli ist jedoch nicht ohne weiteres möglich, da in diesem Versuchsaufbau bei Pädophilen eine Aktivierung in den Netzwerken für Paarung und Paarbindung zu erwarten ist; eine solche Aktivierung lässt sich zumindest bei erwachsenen Teleiophilen nachweisen (Luo, 2015). Gehen wir aber davon aus, dass menschliche Kindchenschema-Reize in gleicher Weise verarbeitet werden wie tierische, so kann man argumentieren, dass die Verarbeitung von Kindchenschema-Stimuli bei Pädophilen zu einer Sexualisierung kindlicher Stimuli und somit zu einer - wie Eibl-Eibesfeldt postulierte (1990) - Erotisierung elterlicher Liebe führt.

6. Literaturverzeichnis

Abraham, E., Hendler, T., Shapira-Lichter, I., Kanat-Maymon, Y., Zagoory-Sharon, O., and Feldman, R. (2014). Father's brain is sensitive to childcare experiences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 111, 9792–9797.

American Psychiatric Association. (2000).

von Aster, M., Neubauer, A. & Horn, R. (2006). Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene WIE. Deutschsprachige Bearbeitung und Adaptation des WAIS-III von David Wechsler (2., korrigierte Auflage). Frankfurt: Pearson Assessment.

Ballard, C., Gauthier, S., Corbett, A., Brayne, C., Aarsland, D., Jones, E. (2011). Alzheimer's disease. *Lancet*. 19;377(9770):1019-31.

Bartels, A., and Zeki, S. (2004). The neural correlates of maternal and romantic love. *Neuroimage*. 21, 1155–1166.

Beier, K. M. (1998). Differential typology and prognosis for dissexual behaviour - A follow-up study of previously expert-appraised child molesters. *International journal of legal medicine*. 111(3):133-41.

Blanchard R., Barbaree H. E., Bogaert A. F., Dickey R., Klassen P., Kuban M. E., Zucker K. J. (2000). Fraternal Birth Order and Sexual Orientation in Pedophiles. *Archives of sexual behavior*. 29(5), 463-478.

Borgi, M., Cogliati-Dezza, I., Brelsford, V., Meints, K., and Cirulli, F. (2014). Baby schema in human and animal faces induces cuteness perception and gaze allocation in children. *Frontiers in Psychology*. 5, 411.

Borgi, M., Cirulli, F. (2016). Pet Face - Mechanisms underlying human-animal relationships. *Frontiers in psychology*. 7, 298.

Bortz, J. & Schuster, C. (2010). Kovarianzanalyse. *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. 7. Auflage. S. 305–323. Springer.

Bradley, M. M., Greenwald, A., and Hamm, A. (1993). "Affective picture processing," in *The Structure of Emotion*, eds N. Birbaumer and A. Öhman (Göttingen: Hogrefe), 48–65.

Burn, M. F., Brown, S. (2006). A review of the cognitive distortions in child sex offenders: An examination of the motivations and mechanisms that underlie the justification for abuse. *Aggression and Violent Behavior*. 11, 225-236.

Caria, A., Falco, S., Venuti, P., Lee, S., Esposito, G., Rigo, P., et al. (2012). Species-specific response to human infant faces in the premotor cortex. *Neuroimage*. 60, 884–893.

Carifio, J., Perla, R. J. (2007). Ten Common Misunderstandings, Misconceptions, Persistent Myths and Urban Legends about Likert Scales and Likert Response Formats and their Antidotes. *Journal of Social Sciences*. 3(3): 106-116.

Chapais, B. (2008). *Primeval Kinship: How Pair-Bonding Gave Birth to Human Society*. (Harvard, IL: Harvard University Press.)

Chau, W., McIntosh, A. R. (2005). The Talairch coordinate of a point in the MNI space: how to interpret it. *Neuroimage*. 1;25(2), 408-416.

Craig, A. D. (2009). How do you feel — now? - The anterior insula and human awareness. *Nature reviews. Neuroscience*. 10(1), 59-70.

Cui, R. Q., Deecke, L. (1999). High resolution DC-EEG analysis of the Bereitschaftspotential and post movement onset potentials accompanying uni- or bilateral voluntary finger movements. *Brain Topography*. 11(3), 233-249.

Deklaration von Helsinki (1964). Aktuelle Revision 2013.

Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders 5. (2013).

Dilling, H., Mombour, W., Schmidt, M. H., Coltart, I. (2014). Internationale Klassifikation psychischer Störungen. ICD-10 Kapitel V (F). Klinisch-diagnostische Leitlinien. (Hogrefe-Verlag.)

Duerden, E. G., Arsalidou, M., Lee, M., and Taylor, M. J. (2013). Lateralization of affective processing in the insula. *Neuroimage*. 78, 159–175.

Dunbar, R. I., and Shultz, S. (2007). Evolution in the social brain. *Science*. 317, 1344–1347.

Eibl-Eibesfeldt, I. (1990). Dominance, submission, and love: sexual pathologies from the perspective of ethology, in *Pedophilia: Biosocial Dimensions*, J. R. Feierman. (New York, NY: Springer). 150–175.

Eickhoff, S. B., Laird, A. R., Grefkes, C., Wang, L. E., Zilles, K., and Fox, P. T. (2009). Coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis of neuroimaging data: a random-effects approach based on empirical estimates of spatial uncertainty. *Human Brain Mapping*. 30, 2907–2926.

Eklund, A., Nichols, T. E., and Knutsson, H. (2016). Cluster failure: why fMRI inferences for spatial extent have inflated false-positive rates. *Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A.* 113, 7900–7905.

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*. (Hogrefe-Verlag.)

Feldman, R. (2016). The neurobiology of human attachments. *Trends in cognitive sciences*. 21(2), 80-99.

Friston, K. J., Holmes, A., Worsley, K. J., Poline, J., Frith, C., and Frackowiak, R. S. J. (1994). Statistical parametric maps in functional imaging: a general linear approach. *Human Brain Mapping*. 2, 189–210.

Gearing, O., Kelly, J. (2004). SPM Pre-Processing. *Methods for Dummies*.

Gerwinn H., Weiß, S., Tenbergen, G., Amelung, T., Födisch, C., Pohl, A., Massau, C., Kneer, J., Mohnke, S., Kärgel, C., Wittfoth, M., Jung, S., Drumkova, K., Schiltz, K., Walter, M., Beier, K. M., Walter, H., Ponseti, J., Schiffer, B., Kruger, T. H. C. (2018). Clinical characteristics associated with paedophilia and child sex offending - Differentiating sexual preference from offence status. *European psychiatry: the journal of the Association of European Psychiatrists*. 51, 74-85.

Glocker, M. L., Langleben, D. D., Ruparel, K., Loughhead, J. W., Gur, R. C., Sachser, N. (2009). Baby schema in infant faces induces cuteness perception and motivation for caretaking in adults. *Ethology*. 115, 257–263.

Glocker, M. L., Langleben, D. D., Ruparel, K., Loughhead J. W., Valdez, J. N., Griffin, M. D., Sachser, N., Gur, R. C. (2009). Baby schema modulates the brain reward system in nulliparous women. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 106(22), 9115-9119.

Goense, J.B., Logothetis, N.K., 2008. Neurophysiology of the BOLD fMRI signal in awake monkeys. *Current Biology*. 18, 631-640.

Golle, J., Lisibach, S., Mast, F. W., and Lobmaier, J. S. (2013). Sweet puppies and cute babies: perceptual adaptation to babyfacedness transfers across species. *PLoS ONE*. 8:e58248.

Gregory, R., Cheng, H., Rupp, H. A., Sengelaub, D. R., and Heiman, J. R. (2015). Oxytocin increases VTA activation to infant and sexual stimuli in nulliparous and postpartum women. *Hormones and Behavior*. 69, 82–88.

Gu, X., Hof, P. R., Friston, K. J., Fan, J. (2013). Anterior Insular Cortex and Emotional Awareness. *The Journal of Comparative Neurology*. 521:3371-3388.

Habermeyer, B., Esposito, F., Handel, N., Lemoine, P., Klarhofer, M., Mager, R., et al. (2013). Immediate processing of erotic stimuli in paedophilia and controls: a case control study. *BMC Psychiatry*. 13:88.

Hebart. (2012). SPM8 – Ein Tutorial für Anfänger.

Hemmerich, W. A. (2011 – 2019). <https://matheguru.com/stochastik/t-test.html>, abgerufen am 03.02.2019

Holtfrederich, S. K. C., Schwarz, K. A., Sprenger, C., Reimers, L., Diekhof, E. K. (2016). Endogenous testosterone and exogenous oxytocin modulate attentional processing of infant faces. *PLoS ONE*. 11(11): e0166617.

Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme. (2007). Deutscher-Ärzte-Verlag. 10. Revision von 2014. Bearbeitet von Dr. med. Bernd Graubner.

Jabbi, M., Swart, M., and Keysers, C. (2007). Empathy for positive and negative emotions in the gustatory cortex. *Neuroimage* 34, 1744–1753.

Johnstone, T., van Reekum, C. M., Oakes, T. R., and Davidson, R. J. (2006). The voice of emotion: an fMRI study of neural responses to angry and happy vocal expressions. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*. 1, 242–249.

Kargel, C., Massau, C., Weiss, S., Walter, M., Borchardt, V., Kruger, T. H., et al. (2016). Evidence for superior neurobiological and behavioral inhibitory control abilities in non-offending as compared to offending pedophiles. *Human Brain Mapping*. 38, 1092–1104.

Kinsey, A. C. (1949). *Sexual Behavior in the Human Male*. W. B: Saunders Company.

Kirk, K. M., Bailey, J. M., Dunne, M. P., and Martin, N. G. (2000). Measurement models for sexual orientation in a community twin sample. *Behavior Genetics*. 30, 345–356.

Koelsch, S., Fritz, T., von Cramon, D. Y., Müller, K., and Friederici, A. D. (2006). Investigating emotion with music: an fMRI study. *Human Brain Mapping*. 27, 239–250.

Krafft-Ebing, R. v. (1886). *Psychopathia sexualis*. (Verlag von Ferdinand Enke.)

Kwong, K. K., Belliveau, J. W., Chesler, D. A., Goldberg, I. E., Weisskoff, R. M., Poncelet, B. P., Kennedy, D. N., Hoppel, B. E., Cohen, M. S., Turner, R., et al. (1992). Dynamic magnetic resonance imaging of human brain activity during primary sensory stimulation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 89(12), 5675-5679.

Lehmann, V., Huis in't Veld, E. M., and Vingerhoets, A. J. (2013). The human and animal baby schema effect: correlates of individual differences. *Behavioural Processes*. 94, 99–108.

Leibenluft, E., Gobbi, M. I., Harrison, T., and Haxby, J. V. (2004). Mothers' neural activation in response to pictures of their children and other children. *Biological Psychiatry*. 56, 225–232.

Lenzi, D., Trentini, C., Pantano, P., Macaluso, E., Iacoboni, M., Lenzi, G. L., et al. (2009). Neural basis of maternal communication and emotional expression processing during infant preverbal stage. *Cerebral Cortex*. 19, 1124–1133.

Logothetis, N. K., Pauls, J., Augath, M., Trinath, T., Oeltermann, A. (2001). Neurophysiological investigation of the basis of the fMRI signal. *Nature*. 412, 150–157.

Logothetis, N. K., Goense, J. B. M. (2008). Neurophysiology of the BOLD fMRI signal in awake monkeys. *Current Biology*. 18, 631-640.

McCullagh, P., Nelder, J. A. (1989). *Generalized Linear Models*. Second Edition. Chapman and Hall.

Lorenz, K. (1943). Die angeborenen Formen möglicher Erfahrung. *Zeitung für Tierpsychologie*. 5, 235-409.

Lu, M. T., Preston, J. B., Strick, P. L. (1994). Interconnections between the prefrontal cortex and the premotor areas in the frontal lobe. *The journal of comparative neurology*. 15;341(3):375-92.

Luo, L., Ma, X., Zheng, X., Zhao, W., Xu, L., Becker, B., et al. (2015). Neural systems and hormones mediating attraction to infant and child faces. *Frontiers in Psychology*. 6:970.

Nichols, T., Hayasaka, S. (2003). Controlling the familywise error rate in functional neuroimaging: a comparative review. *Statistical Methods in Medical Research*. 12: 419-446.

Noriuchi, M., Kikuchi, Y., and Senoo, A. (2008). The functional neuroanatomy of maternal love: mother's response to infant's attachment behaviors. *Biological Psychiatry*. 63, 415–423.

Oakes, T. R., Fox, A. S., Johnstone, T., Chung, M. K., Kalin, N., Davidson, R. J. (2007). Integrating VBM into the General Linear Model with Voxelwise Anatomical Covariates. *Neuroimage*. 15; 34(2): 500-508.

Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*. 9, 97–113.

Ortigue, S., Grafton, S. T., and Bianchi-Demicheli, F. (2007). Correlation between insula activation and self-reported quality of orgasm in women. *Neuroimage*. 37, 551–560.

Poeppl, T. B., Nitschke, J., Dombert, B., Santtila, P., Greenlee, M. W., Osterheider, M., et al. (2011). Functional cortical and subcortical abnormalities in pedophilia: a combined study using a choice reaction time task and fMRI. *The Journal of Sexual Medicine*. 8, 1660–1674.

Pohl, A., Wolters, A., and Ponseti, J. (2015). Investigating the task dependency of viewing time effects. *Journal of Sex Research*. 23, 1–9.

Ponseti, J., Granert, O., Jansen, O., Wolff, S., Beier, K., Neutze, J., et al. (2012). Assessment of pedophilia using hemodynamic brain response to sexual stimuli. *Archives of General Psychiatry* 69, 187–194.

Ponseti, J., Granert, O., van Eimeren, T., Jansen, O., Wolff, S., Beier, K., et al. (2014). Human face processing is tuned to sexual age preferences. *Biology Letters*. 10:20140200.

Präventionsprogramm „Kein Täter werden“: <https://www.kein-taeter-werden.de/story/ergebnisse-im-forschungsverbund-nemup.html>. Abgerufen am 05.11.2017.

Präventionsprogramm „Kein Täter werden“: <https://www.kein-taeter-werden.de/>. Abgerufen am 05.11.2017.

Roland, P. E., Larsen, B., Lassen, N. A., Skinhøj, E. (1980). Supplementary motor area and other cortical areas in organization of voluntary movements in man. *Journal of Neurophysiology*. 43(1):118-36.

Rose, M. (2018). Statistische Tests in SPM. Teil I: Single subject Analyse (first Level). Institut für Systemische Neurowissenschaften, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf.

Rosenfeld, A., Kak, A. (1989). *Digital Picture Processing*. New York: Academic Press. 1976, 457.

Rosengarten, B., Gerriets, T., Stolz, E.: Funktionelle Dopplersonographie. In: M. Kaps, G. M. von Reutern, E. Stolz, H. J. von Büdingen (Hrsg.): *Ultraschall in der Neurologie*. 2. Auflage. Thieme, Stuttgart 2005.

Sartorius, A., Ruf, M., Kief, C., Demirakca, T., Bailer, J., Ende, G., et al. (2008). Abnormal amygdala activation profile in pedophilia. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*. 258, 271–277.

Schäfer, G. A., Mundt, I. A., Feelgood, S., Hupp, E., Neutze, J., Ahlers, C. J., Goecker, D., Beier, K. (2010). Potential and Dunkelfeld offenders Two neglected target groups for prevention of child sexual abuse. *International Journal of Law and Psychiatry*. 33, 154-163.

Schiffer, B., Kruger, T., Paul, T., de Greiff, A., Forsting, M., Leygraf, N., et al. (2008). Brain response to visual sexual stimuli in homosexual pedophiles. *Journal of Psychiatry & Neuroscience*. 33, 23–33.

Seeley, W. W., Menon, V., Schatzberg, A. F., Keller, J., Glover, G. H., Kenna, H., Reiss, A. L., Greicius, M. D. (2007). Dissociable intrinsic connectivity networks for

salience processing and executive control. *The Journal of neuroscience: the official journal of the Society for Neuroscience*. 28;27(9):2349-56.

Sherman, G. D., Haidt, J., Coan, J. A. (2009). Viewing Cute Images Increases Behavioral Carefulness. *Emotion*. 9(2), 282-286.

Smith, A. M., Lewis, B. K., Ruttimann, U. E., Ye, F. Q., Sinnwell, T. M., Yang, Y., Duyn, J. H., Frank, J. A. (1998) Investigation of low frequency drifts in fMRI signal. *Neuroimage*. 9, 523–533.

Soch, J., Haynes, J. D., Allefeld, C. (2016). How to avoid mismodelling in GLM-based fMRI data analysis: cross-validated Bayesian model selection. *Neuroimage*. 141, 469-489.

Sommer-Blöchl, T. (2018). Allgemeines Lineares Modell. SPM-Kurs, Institut für Systemische Neurowissenschaften, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf. https://www.uke.de/dateien/institute/systemische-neurowissenschaften/dokumente/allgemeines_lineares_modell.pdf, abgerufen am 06.02.2019

Sprengelmeyer, R., Perrett, D. I., Fagan, E. C., Cornwell, R. E., Lobmaier, J. S., Sprengelmeyer, A., et al. (2009). The cutest little baby face: a hormonal link to sensitivity to cuteness in infant faces. *Psychological Science*. 20, 149–154.

Stoléru, S., Fonteille, V., Cornelis, C., Joyal, C., and Moulier, V. (2012). Functional neuroimaging studies of sexual arousal and orgasm in healthy men and women: a review and meta-analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 36, 1481–1509.

Strathearn, L., Fonagy, P., Amico, J., and Montague, P. R. (2009). Adult attachment predicts maternal brain and oxytocin response to infant cues. *Neuropsychopharmacology*. 34, 2655–2666.

Takahashi, H., Matsuura, M., Koeda, M., Yahata, N., Suhara, T., Kato, M., et al. (2008). Brain activations during judgments of positive self-conscious emotion and positive basic emotion: pride and joy. *Cerebral Cortex*. 18, 898–903.

Tenbergen, G., Wittfoth, M., Frieling, H., Ponseti, J., Walter, M., Walter, H., et al. (2015). The neurobiology and psychology of pedophilia: recent advances and challenges. *Frontiers in Human Neuroscience*. 9, 344.

Teffer, K., and Semendeferi, K. (2012). Human prefrontal cortex: evolution, development, and pathology. *Progress in Brain Research*. 195, 191–218.

The Wellcome Centre for Human Neuroimaging, London, 2018. <https://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>, abgerufen am 06.10.2018.

Walter, M., Witzel, J., Wiebking, C., Gubka, U., Rotte, M., Schiltz, K., et al. (2007). Pedophilia is linked to reduced activation in hypothalamus and lateral prefrontal cortex during visual erotic stimulation. *Biological Psychiatry*. 62, 698–701.

- Walton, M. E., Behrens, E. J., Rushworth, M. F. S. (2010). Separable Learning Systems in the Macaque Brain and the Role of Orbitofrontal Cortex in Contingent Learning. *Neuron*. 25; 65(6): 927-939.
- Wang, L., McCarthy, G., Song, A. W., Labar, K. S. (2005). Amygdala activation to sad pictures during high-field (4 tesla) functional magnetic resonance imaging. *Emotion*. 5(1):12-22.
- Ward, T. (2000). Sexual offenders' cognitive distortions as implicit theories. *Aggression and Violent Behavior*. 5(5), 491-507.
- Wittchen, H., Zaudig, M., and Fydrich, T. (1997). SKID Strukturiertes Klinisches Interview für DSM-IV. Achse I und II. Göttingen: Hogrefe.
- Wittfoth-Schardt, D., Grunding, J., Wittfoth, M., Lanfermann, H., Heinrichs, M., Domes, G., et al. (2012). Oxytocin modulates neural reactivity to children's faces as a function of social salience. *Neuropsychopharmacology*. 37, 1799–1807.
- Wechsler, D., Petermann, F., Petermann, U. (2013). Wechsler Adult Intelligence Scale IV. (Hogrefe-Verlag.)
- World Health Organization (1992). Aktualisierte Version der Internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 2007.
- Wright, I. C., McGuire, P. K., Poline, J.-B., Traverso, J. M., Murray, R. M., Frith, C. D., Frackowiak, R. S. J., Friston, K. J. (1995). A Voxel based method for the statistical analysis of grey and white matter density applied to schizophrenia. *Neuroimage*. 2, 244-252.

7. Danksagung

Bei dieser Dissertation wurde ich von vielen tollen Menschen unterstützt, denen ich hier meinen Dank ausdrücken möchte. Ohne sie wäre diese Arbeit nicht entstanden oder ich hätte beim Schreiben vermutlich nicht so sehr über den Tellerrand hinaus geschaut.

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. med. Helmut Laufs, dessen Hilfe dafür sorgte, dass diese Arbeit die nötige Tiefe bekam und Herrn Oliver Granert, denn ohne dessen Geduld und fundierte Fachkenntnisse hätte ich bis heute wohl kaum das SPM-Programm und die vielen kleinen Feinheiten darin verstanden.

Weiterhin möchte ich meinem Doktorvater, Herrn PD Dr. phil. Dipl.-Psych. Jorge Ponseti danken, welcher in mir die Begeisterung für die Sexualmedizin weckte und der mich auch an das Thema dieser Dissertation heranführte.

Zudem möchte ich allen Beteiligten des SPM-Kurses der Systemischen Neurowissenschaften am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf danken, welche mit viel Mühe die Hintergründe dieses Themas beleuchtet haben.

Hannah Gerwin und Alexander Pohl standen mir insbesondere am Anfang mit sehr guten Ratschlägen zur Seite, ohne die ich nicht weit gekommen wäre. Julia Nolting arbeitete sich mit mir intensiv in die Thematik ein und konnte mir ebenfalls viele gute Ratschläge geben.

Ich könnte hier noch unzählig viele weitere Personen nennen. Deshalb möchte ich noch einmal zusammenfassend all meinen Freunden, meiner Familie und den wissenschaftlichen Mitarbeitern danken, die mich in dieser Zeit begleitet und an meiner Seite gestanden haben.

Danke für alles.

Daniel Bruhn