



Geschlechterunterschiede im Spielverhalten und der
Selbstkontrolle bei 40 Monate alten Kindern und
der Zusammenhang mit
pränatalen Sexualhormonen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades an der Mathematisch-
Naturwissenschaftlichen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf

vorgelegt von

Lisa Martina Körner,

geb. Spickermann-Christanz

aus Bochum

Düsseldorf, März 2018

aus dem Institut für Experimentelle Psychologie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Gedruckt mit der Genehmigung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Referent: Prof. Dr. Martin Heil

Korreferent: Prof. Dr. Bettina M. Pause

Tag der mündlichen Prüfung: 29. Mai 2018

Inhaltsverzeichnis

1 Danksagung.....	5
2 Zusammenfassung.....	7
3 Abstract.....	9
4 Einleitung.....	10
5 Allgemeiner theoretischer Hintergrund.....	11
5.1 Geschlechterunterschiede im Verhalten im Säuglings- und Kindesalter.....	11
5.2 Einfluss von Sexualhormonen auf Geschlechterunterschiede.....	13
5.2.1 Organisierende und aktivierende Effekte.....	13
5.2.2 Klinische Stichproben.....	14
5.3 Geschlechterunterschiede im Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen.....	16
5.3.1 Messung pränataler Sexualhormone.....	16
5.3.2 Geschlechterunterschiede im Zusammenhang mit Sexualhormonen aus dem Fruchtwasser.....	19
5.3.3 Geschlechterunterschiede im Zusammenhang mit dem Fingerlängenverhältnis (2D:4D).....	19
6 Fragestellungen.....	20
7 Geschlechtsspezifisches Spielverhalten bei 40 Monate alten Kindern und der Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen (Studie A).....	22
7.1 Theoretischer Hintergrund.....	22
7.1.1 Geschlechterunterschiede im Spielverhalten.....	22
7.1.2 Spielverhalten im Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen.....	22
7.1.3 Der Einfluss von älteren Geschwistern auf das Spielverhalten.....	24
7.1.4 Ableitung der Fragestellung.....	24
7.1.5 Hypothesen.....	25
7.2 Methode.....	25
7.2.1 Stichprobe.....	25
7.2.2 Material und Durchführung.....	27
7.2.3 Untersuchungsdesign.....	30
7.2.4 Statistische Auswertung.....	31
7.3 Ergebnisse.....	32
7.3.1 Geschlechterunterschied im Spielverhalten.....	32
7.3.2 Geschlechterunterschied im Fingerlängenverhältnis (2D:4D).....	32
7.3.3 Zeitliche Stabilität des Fingerlängenverhältnisses (2D:4D).....	33
7.3.4 Spielverhalten im Zusammenhang mit dem Fingerlängenverhältnis (2D:4D).....	34
7.3.5 Spielverhalten im Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen.....	35

7.3.6 Spielverhalten im Zusammenhang mit Geschlecht und Anzahl älterer Geschwister.....	35
7.3.7 Einfluss des Fingerlängenverhältnisses und Geschlecht und Anzahl älterer Geschwister auf das Spielverhalten.....	35
7.3.8 Zusammenhang von pränatalen Sexualhormonen aus der Amniozentese und dem Fingerlängenverhältnis (2D:4D).....	36
7.3.9 Weiterführende Analysen.....	37
7.4 Diskussion.....	38
8 Geschlechterunterschiede in der Selbstkontrolle bei 40 Monate alten Kindern und der Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen (Studie B).....	43
8.1 Theoretischer Hintergrund.....	43
8.1.1 Geschlechterunterschiede in der Fähigkeit zur Selbstkontrolle.....	43
8.1.2 Selbstkontrolle im Zusammenhang mit Sexualhormonen.....	44
8.1.3 Ableitung der Fragestellung.....	45
8.1.4 Hypothesen.....	45
8.2 Methode.....	46
8.2.1 Stichprobe.....	46
8.2.2 Material und Durchführung.....	46
8.2.3 Untersuchungsdesign.....	49
8.2.4 Statistische Auswertung.....	49
8.3 Ergebnisse.....	50
8.3.1 Geschlechterunterschiede in der Selbstkontrolle.....	50
8.3.2 Zusammenhang zwischen der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub und Aufmerksamkeitsproblemen/hyperaktivem Verhalten im Fremdbesicht.....	51
8.3.3 Selbstkontrolle im Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen.....	51
8.3.4 Selbstkontrolle im Zusammenhang mit dem Fingerlängenverhältnis (2D:4D).....	52
8.4 Diskussion.....	53
9 Allgemeine Diskussion.....	56
10 Literaturverzeichnis.....	60
11 Anhang.....	70
Erklärung an Eides Statt.....	78

1 Danksagung

Während ich vor dieser leeren Seite sitze, wird mir klar, dass die folgende Danksagung wohl der schwierigste Teil meiner Dissertation werden wird, da ich schlecht in Worte fassen kann, wie dankbar ich den Menschen bin, die mich in den letzten Jahren begleitet haben.

Zuerst ist mein Doktorvater, Prof. Martin Heil, zu nennen, ohne den ich dieses Schriftstück niemals angefertigt hätte. Im Rückblick wundere ich mich immer noch, dass er der „Krawallschachtel“ aus seinem Masterseminar eine Stelle angeboten hat ;-). Die Entscheidung, das Angebot anzunehmen, habe ich nie bereut! Martin, ich danke Dir dafür, dass Du immer ansprechbar bist, zu jeder Zeit einen guten Rat für mich hast, mir unfassbar großes Vertrauen schenkst, mich meine eigenen Erfahrungen machen lässt, ohne jemals von meiner Seite zu weichen, mir die Möglichkeit gibst, mehrere Karrierewege gleichzeitig zu verfolgen und mich mit Deiner großen Ruhe immer wieder runterbringst, wenn ich wieder zur „Krawallschachtel“ werde.

Ein großes Dankeschön gilt auch Prof. Bettina Pause, die nicht nur Zweitgutachterin dieser Arbeit ist, sondern mir ebenfalls in den letzten Jahren als Mentorin mit Rat und Tat zur Seite stand und immer wieder wichtige Beiträge bei der Planung, Durchführung, Auswertung und Verschriftlichung meiner Studien geleistet hat. Außerdem habe ich ihr meine ersten Schritte und meine Freude an der Wissenschaft zu verdanken. Die Jahre als studentische Hilfskraft in ihrer Abteilung waren die beste Zeit in meinem Studium und haben den Grundstein für dieses Dokument gelegt. Alles was ich in dieser Zeit über die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten lernen durfte, war in meiner Promotionszeit von unschätzbarem Wert.

Daran waren auch maßgeblich Katrin Lübke und Matthias Hoenen beteiligt, von deren Erfahrung ich nicht nur in meiner Zeit als SHK und Masterandin am meisten profitiert habe, sondern die ich auch während meiner Promotionszeit immer wieder um Rat fragen durfte (danke Matthias für all Deine Programmierungshilfe!). Danke Euch beiden für Eure Unterstützung!

Ein großes Dankeschön gilt außerdem meiner Lieblingskollegin Nora. Danke für all Deine Hilfe bei jedem Problem, sei es wissenschaftlicher oder privater Natur, Deine gute Laune, Dein Pfeifen und Singen (ja, irgendwie bin ich sogar dafür dankbar), Deinen Schokoladenvorrat und vor allem Deine Freundschaft! Dank Dir werde ich wohl mein Leben lang um 11:30 Uhr Hunger bekommen ;-).

Diese Arbeit wäre ohne eine Reihe von studentischen Hilfskräften, Abschlussstudentinnen und Praktikantinnen nicht möglich gewesen, die mit den Kindern viele Stunden im Labor verbracht, Daten eingegeben, Videos angesehen und Fingerlängenverhältnisse gemessen haben. Ich bin sehr dankbar für all die fleißige und gewissenhafte Arbeit!

Neben den besten Bedingungen an der Uni gibt es auch im Privaten eine Reihe von Menschen, die mich in meiner Promotionszeit unterstützt haben. Hier sind Cécile und Nina zu nennen, die nicht nur die besten Freundinnen und für mich einfach unersetzlich, sondern zufälligerweise auch noch beide promovierte Psychologinnen sind... Ich danke Euch für Euer offenes Ohr, all die angeregten Diskussionen und die wertvollen Hinweise zu meiner Forschung. Danke überhaupt für alles!

Auch meine kleine, aber eigentlich viel größere Schwester Lena hat in so vielen Teilen einen großen Beitrag geleistet! Als Sozialwissenschaftlerin mit sehr viel Ahnung im Bereich der *Gender Studies* und als bekennende Feministin hat sie mir ordentlich Kontra gegeben, wenn ich mich zu sehr in biologi-

schen Erklärungen für Geschlechterunterschiede verloren habe. Danke für all die angeregten Diskussionen, die meinen Realitätsbezug aufrechterhalten haben und natürlich Dein Korrekturlesen!

Mein mit Abstand größter Dank gilt meiner unfassbar tollen Frau! Uli, ohne Dich wäre ich heute niemals da, wo ich bin! Ich bin so unfassbar glücklich, dass Du mich liebst, an mich glaubst, Verständnis für mich und meine vielen Projekte hast und immer für mich da bist! Danke für all die Stunden, die Du mir zugehört, meine Gedanken sortiert, meine Forschungsergebnisse mit mir diskutiert und Korrektur gelesen hast und das alles, während Du selbst Deine Dissertation nebenher abgeschlossen hast! Ich bin so stolz, dass Du mich geheiratet hast!

2 Zusammenfassung

Als biologische Komponente bei der Entstehung von Geschlechterunterschieden im Verhalten von Kleinkindern wird häufig der Einfluss von pränatalen Sexualhormonen diskutiert, da gezeigt werden konnte, dass diese bei Tieren und Menschen organisierend auf das Gehirn wirken. Hier ist vor allem der pränatale Testosteronspiegel interessant, der sich mit einem Peak um die 17. Schwangerschaftswoche zwischen männlichen und weiblichen Föten unterscheidet. Um den Einfluss dieser frühen Sexualhormonexposition beim Menschen zu untersuchen, kommen sehr häufig das Verhältnis zwischen der Länge des Zeige- und Ringfingers (2D:4D) als geschlechtsdimorpher, indirekter Marker für den pränatalen Testosteronspiegel sowie seltener die Messung im Fruchtwasser im Rahmen von Amniozenteseuntersuchungen zum Einsatz.

Um Geschlechterunterschiede im Verhalten in der frühen Kindheit im Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormoneinflüssen zu untersuchen, wurden in der vorliegenden Arbeit sowohl Testosteron, Östradiol und Östriol im Rahmen von Amniozenteseuntersuchungen im Fruchtwasser bestimmt als auch das 2D:4D zu vier Messzeitpunkten im Alter von fünf, neun, 20 und 40 Monaten an beiden Händen gemessen.

In Studie A wurde das geschlechtsspezifische Spielverhalten, das typischerweise große Geschlechterunterschiede aufweist, im Alter von 40 Monaten für 51 Mädchen und 42 Jungen erhoben. Für das Spielverhalten existieren bereits Hinweise darauf, dass ein höherer pränataler Testosteronspiegel zu mehr maskulinem Spielverhalten führt. Allerdings sind die Befunde zum Teil widersprüchlich und es mangelt an unabhängigen Replikationsstudien sowie im Falle des 2D:4D an einer reliablen Messung im Längsschnittdesign mit mehreren Messzeitpunkten. Die Ergebnisse zeigten neben einem großen Geschlechterunterschied im Spielverhalten einen Geschlechterunterschied im 2D:4D, der aufgrund der reliablen Erfassung im Längsschnittdesign ebenfalls groß ausfiel. Zudem zeigte sich, dass der Geschlechterunterschied im 2D:4D über das Säuglings- und Kleinkindalter stabil blieb, was den frühen Testosteroneinfluss als hauptsächliche Einflussgröße in Abgrenzung zu möglichen späteren, postnatalen Einflussfaktoren nahelegt. Vor allem aber konnte gezeigt werden, dass Mädchen mit einem kleineren 2D:4D mehr typisch maskulines Spielverhalten im Alter von 40 Monaten zeigten. Dieser Zusammenhang blieb für die Jungen aus. Darüber hinaus konnte weder ein Zusammenhang zwischen dem Spielverhalten und den Sexualhormonspiegeln aus den Amniozenteseproben noch zwischen dem Fruchtwasser-Testosteronspiegel und dem 2D:4D gefunden werden. Allerdings wurde das Spielverhalten bei Jungen und Mädchen durch ihre älteren Geschwister beeinflusst. Bei mehr älteren Brüdern zeigte sich das Spielverhalten stärker typisch maskulin und durch mehr ältere Schwester stärker feminin ausgeprägt. Bei den Mädchen fungierten Geschlecht und Anzahl der älteren Geschwister sowie das 2D:4D als unabhängige Prädiktoren für das Spielverhalten.

In Studie B wurde die Selbstkontrollfähigkeit der Kinder im Alter von 40 Monaten mit einer *Belohnungsaufschubaufgabe* sowie der Skala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten der Pre-school and Kindergarten Behavior Scales-II* für 60 Mädchen und 63 Jungen erfasst. Die Fähigkeit zur Selbstkontrolle weist ebenfalls bereits im Kindesalter Geschlechterunterschiede auf und es existieren vereinzelt Hinweise auf einen Zusammenhang mit dem pränatalen Testosteronspiegel (Tierstudie, 2D:4D-Studien). In Studie B zeigte sich, dass Mädchen länger auf eine verzögerte Belohnung warteten als Jungen. Jungen wurden von ihren Eltern tendenziell als auffälliger im Vergleich mit den Mädchen in Bezug auf Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten beschrieben. Dieses beschriebene Verhal-

ten ging bei den Jungen mit einer kürzeren Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe einher. Besonders hervorzuheben ist, dass bei den Jungen ein höherer Fruchtwasser-Testosteronspiegel mit einer kürzeren Wartezeit sowie mehr Aufmerksamkeitsproblemen/hyperaktivem Verhalten assoziiert war (für die Mädchen waren die pränatalen Testosteronwerte in der Amnionflüssigkeit so niedrig, dass sie nicht messbar bzw. nicht quantifizierbar waren). Es zeigten sich keine Zusammenhänge mit dem 2D:4D.

Beide Studien liefern deutliche Hinweise darauf, dass Geschlechterunterschiede im Spielverhalten sowie in der Selbstkontrollfähigkeit bei 40 Monate alten Kindern durch die organisierende Wirkung von pränatalem Testosteron beeinflusst werden. Als Erklärung für die divergierenden Ergebnisse in Bezug auf die verschiedenen, verwendeten Maße zur Messung des Testosteroneinflusses im Zusammenhang mit den untersuchten Verhaltensweisen werden unterschiedliche kritische Zeitpunkte für den organisierenden Einfluss von Sexualhormonen auf sich entwickelnde Hirnstrukturen diskutiert.

3 Abstract

It is a matter of debate in which way prenatal sex hormones, having organizing effects on the brain in animals and humans, also affect the development of behavioral sex differences in early childhood. In this context, the prenatal testosterone level is particularly interesting, which differs between male and female fetuses with a peak around week 17 of pregnancy. In order to investigate the influence of this early sex hormone exposure in humans, the ratio between the length of the index finger and ring finger (2D:4D) is used, as a sex-dimorphic, indirect marker for the prenatal testosterone level. More rarely, hormone measurement in amniotic fluid samples in the context of amniocentesis examinations is used.

In the present studies testosterone, estradiol, and estriol were measured in amniotic fluid and 2D:4D ratios were measured for both hands at four occasions (age: five, nine, 20, and 40 months), to investigate the relationship between behavioral sex differences and prenatal sex hormones.

In study A, sex-specific play behavior, which typically shows large sex differences, was measured at the age of 40 months for 51 girls and 42 boys. Previous studies indicate that higher prenatal testosterone levels are associated with more masculine play behavior. However, the findings are inconclusive, as there is a lack of independent replications and a reliable measurement of 2D:4D in a longitudinal design with multiple measurements is missing. Overcoming these shortcomings of previous studies, the results show a large sex difference in play behavior and in 2D:4D, with the latter being due to the more reliable measurement in the longitudinal design. In addition, the sex difference in 2D:4D remained stable over infancy and early childhood, which supports the assumption, that 2D:4D development is mainly determined by early prenatal testosterone exposure. Most importantly, girls with a smaller 2D:4D showed more male-typical play behavior at the age of 40 months while this correlation was absent in boys. Moreover, there was neither a correlation between play behavior and sex hormone levels from the amniocentesis samples, nor between amniotic fluid testosterone levels and 2D:4D ratios. However, boys' and girls' play behavior was influenced by their older siblings. In boys and girls, the number of older brothers was predictive of more male-typical play behavior, as was the number of older sisters for feminine-typical play behavior. Additionally in girls, the sex and number of the older siblings, as well as the 2D:4D were independent predictors of the sex-specific play behavior.

In study B, self-control was assessed with a delay of gratification task and the *Attention Problems/ Overactive* scale of the *Preschool and Kindergarten Behavior Scales II* for 60 girls and 63 boys at the age of 40 months. Previous studies have shown that there are sex differences in self-control in childhood and there are few indications of a relationship between self-control and prenatal testosterone levels (animal study, 2D:4D studies). Study B showed that girls waited longer for a delayed reward than boys. Boys tended to show more attention problems/ overactive behavior than girls as described by their parents. This behavior was associated with a shorter waiting time for the boys in the delay of gratification task. Noteworthy, higher amniotic fluid testosterone levels were associated with shorter waiting times and more attention problems/overactive behavior in boys (for girls, prenatal testosterone levels in the amniotic fluid were too low to be measured or quantified). There were no correlations with 2D:4D ratios.

Both studies provide strong evidence that sex differences in play behavior and self-control in 40-month-old children are influenced by organizing effects of prenatal testosterone. Several sensitive prenatal periods for the organizing influences of sex hormones on developing brain structures are discussed, as an explanation for the divergent results for 2D:4D and testosterone levels from amniotic fluid in relation to different behaviors in childhood.

4 Einleitung



Quelle: DieZeit No. 45/2016

Die Debatte um Verhaltensunterschiede zwischen Männern und Frauen ist und bleibt aktuell. Immer wieder wird in Frage gestellt, ob Geschlechterunterschiede im Verhalten wirklich existieren und ob sie angeboren oder ausschließlich durch die Umwelt bedingt sind. Diese Fragen aufgreifend, strahlte der englische Fernsehsender BBC im August 2017 zwei Sendungen mit dem Titel „No more boys and girls: Can our kids go gender free?“ aus, in denen der Moderator eine Grundschulklasse so umstrukturiert, dass dort gender-neutrales Unterrichten möglich sein soll, mit dem Ziel, Rollenerwartungen und daraus entstehende Geschlechterunterschiede zu reduzieren. Im Rahmen des „BBC-Experiments“ wurde auch ein Youtube-Video „Girl toys vs boy toys: The experiment“ veröffentlicht, in dem Erwachsene gebeten wurden, mit Babys zu spielen, deren Kleidung vorher heimlich zwischen Jungen und Mädchen getauscht wurde. Dabei zeigt das Video, dass die Versuchspersonen die Kinder dazu animierten, mit dem Spielzeug zu spielen, das zu dem vermeintlichen Geschlecht des Kindes passte und damit sehr deutlich Einfluss auf das Verhalten der Kinder nahmen. Dieses Video wurde 250.222 Mal aufgerufen (Stand: 08.03.2018) und im Kommentarbereich ist eine hitzige Diskussion über die Entstehung von Geschlechterunterschieden zu verfolgen. Daran wird deutlich, dass dieses Thema nicht nur für Wissenschaftler/innen interessant ist (für wissenschaftliche Untersuchungen, die die Grundlage des BBC-Experiments bilden, siehe Seavey, Katz & Zalk, 1975; Sidorowicz & Lunney, 1980), sondern auch in der allgemeinen Bevölkerung großes Diskussionspotential bietet. Dass sich die Verteilungen von Interessen und Verhalten von Jungen und Mädchen, wie in der Abbildung oben aus der Zeitung „Die Zeit“ (Ausgabe 45, 2016) dargestellt, überlappen (Hines, 2005) sowie Rollenerwartungen und der Einfluss des Umfelds (z.B. Verstärkung für geschlechtsspezifisches Verhalten) den größten Anteil bei der Entstehung von Geschlechterunterschieden ausmachen, scheint unumstritten (für Überblicksarbeiten siehe Berenbaum, Blakemore & Beltz, 2011; Hines, 2010), aber spielen die Anlagen wirklich gar keine Rolle? Zur Beantwortung dieser Frage sind Studien zu Geschlechterunterschieden im Säuglings- und frühen Kindesalter besonders interessant, bei denen Rollenerwartungen und der Einfluss der Umwelt im Vergleich zu Studien an Erwachsenen noch nicht im vollen Umfang ausgeprägt sind. Werden zusätzlich noch mögliche biologische Varianzquellen für das geschlechtsdimorphe Verhalten erfasst, können solche Studien die Anlage-Umwelt-Debatte bereichern.

Im Folgenden werden häufig zitierte Befunde zu Geschlechterunterschieden im Säuglings- und frühen Kindesalter skizziert sowie die Wirkung von Sexualhormonen als eine mögliche biologische

Einflussgröße erläutert. Ein kurzer Überblick über die Studien, die bereits Hinweise auf einen Zusammenhang von pränatalen Sexualhormonen und Geschlechterunterschieden in der Kindheit geben, leitet dann zu den beiden Untersuchungen über, die dieser Arbeit zugrunde liegen und im Hauptteil der vorliegenden Arbeit ausführlich beschrieben und diskutiert werden. Diese hatten zum Ziel, Geschlechterunterschiede im Spielverhalten (Studie A) sowie in der Fähigkeit zur Selbstkontrolle (Studie B) von 40 Monate alten Kindern im Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen zu untersuchen.

5 Allgemeiner theoretischer Hintergrund

5.1 Geschlechterunterschiede im Verhalten im Säuglings- und Kindesalter

Bereits wenige Stunden nach der Geburt sind die ersten Geschlechterunterschiede im Verhalten von Jungen und Mädchen messbar. So konnte gezeigt werden, dass neugeborene Mädchen einen sozialen Reiz (in Form eines weiblichen Gesichts) gegenüber einem mechanischen Reiz (Mobile) bevorzugen und männliche Säuglinge im Vergleich mit weiblichen Säuglingen signifikant länger den mechanischen Reiz betrachteten (Connellan, Baron-Cohen, Wheelwright, Batki & Ahluwalia, 2000). Auch in einer Studie mit 12 Monate alten Kleinkindern zeigte sich, dass Mädchen länger Augenkontakt zu ihren Eltern hielten als Jungen (Lutchmaya, Baron-Cohen & Raggatt, 2002) und eine Metaanalyse legt nahe, dass Mädchen im Vergleich mit Jungen zudem einen Vorteil in der Verarbeitung von emotionalen Gesichtsausdrücken haben (McClure, 2000). Ebenfalls sehr früh in der kindlichen Entwicklung konnten im Alter von drei, fünf, sechs und neun Monaten Geschlechterunterschiede im Bereich der mentalen Rotationsfähigkeit gezeigt werden. Dazu wurde ein Habituationsparadigma genutzt, bei dem die Länge der Blickdauer auf einen Reiz als Korrelat der Verarbeitungsdauer des Reizes gilt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden dahingehend interpretiert, dass männliche Säuglinge zu diesem Zeitpunkt bereits signifikant besser mental rotieren konnten als weibliche (Moore & Johnson, 2008; Quinn & Liben, 2008, 2014). Männliche Säuglinge im Alter von sechs bis neun Monaten scheinen zudem dazu zu neigen, ein Modell, das einen Ball schlägt, eher zu imitieren als weibliche Säuglinge ("Propulsion"; Benenson, Tennyson & Wrangham, 2011). Für Kleinkinder und Kinder konnte ferner gezeigt werden, dass Jungen ein größeres Ausmaß an physischer Aggression zeigen als Mädchen (Alink et al., 2006; Hyde, 1984; Tremblay et al., 2004). Im Alter von 12 Monaten konnten dann bereits die ersten Unterschiede im geschlechtsspezifischen Spielverhalten gezeigt werden (Servin, Bohlin & Berlin, 1999; Todd, Barry & Thommessen, 2016; van de Beek, van Goozen, Buitelaar & Cohen-Kettenis, 2009), die im Verlauf der Entwicklung weiter zunehmen (Golombok et al., 2008) und im Allgemeinen sehr große Effektstärken aufweisen (Hines, 2010). Ab dem Vorschulalter konnten zudem Geschlechterunterschiede im prosozialen Verhalten (Blake & Rand, 2010; Gummerum, Hanoch, Keller, Parsons & Hummel, 2010; House, Henrich, Brosnan & Silk, 2012) sowie in der Selbstkontrollfähigkeit (Jacobsen, 1998; Mischel & Underwood, 1974; Silverman, 2003; Tao, Wang, Fan & Gao, 2014) gezeigt werden, in denen Mädchen übereinstimmend bessere Leistungen zeigten.

Die Auflistung der hier aufgeführten Bereiche, in denen bereits Geschlechterunterschiede im Verhalten in der frühen Kindheit gefunden wurden, ist nicht erschöpfend, greift aber häufig untersuchte, beziehungsweise für die vorliegende Arbeit bedeutende Geschlechterdimorphismen auf. Die empiri-

schen Effektstärken der verschiedenen Verhaltensweisen, für die Geschlechterunterschiede gezeigt werden konnten, variieren zum Teil sehr stark zwischen den Studien (für einen Überblick über die gefundenen Effektstärken der zitierten Studien siehe Tabelle 1) und werden massiv durch die jeweilige Messmethode, das Alter der Kinder und die Stichprobengrößen beeinflusst. Es ist hervorzuheben, dass für alle hier beschriebenen Geschlechterunterschiede von einer sich überlappenden Verteilung der Ausprägung des jeweiligen Merkmals ausgegangen werden muss (Hines, 2005), was darauf hindeutet, dass das Geschlecht allein nicht ausreicht, um die Varianz des gezeigten Verhaltens zu erklären. Während der soziokulturelle Einfluss auf geschlechtsspezifische Verhalten durch unterschiedliche Rollenbilder für Frauen und Männer sowohl im Kindes- als auch im Erwachsenenalter unumstritten ist, werden Sexualhormone und dabei vor allem Testosteron als eine mögliche biologische Einflussquelle diskutiert, die eine Erklärung für das frühe Auftreten der beobachteten Geschlechterunterschiede liefern könnte (für einen Überblick siehe Berenbaum et al., 2011).

Tabelle 1

Effektstärken bereits bekannter Geschlechterunterschiede im Säuglings- und Kindesalter

Verhalten/Präferenz	Cohen's <i>d</i>	Alter	Richtung des Unterschieds
Präferenz für soziale Stimuli			W > M
- Connellan et al. (2000)	0.47	Neugeborene	
- Lutchmaya et al. (2002)	0.53	12 Monate	
Emotionserkennung			W > M
- Metaanalyse McClure (2000)	0.13 – 0.18	0.3-18 Jahre	
Mentale Rotation			W < M
- Moore und Johnson (2008)	0.66	5 Monate	
- Quinn und Liben (2014)	1.25	6-10 Monate	
Propulsion			W < M
- Benenson et al. (2011)	0.70	6-9 Monate	
Physische Aggression			W < M
- Alink et al. (2006)	0.33	2-3 Jahre	
- Metaanalyse Hyde (1984)	0.58	2.5-6 Jahre	
Geschlechtsspezifisches Spielverhalten			
- Golombok et al. (2008)	2.30-3.20	2.5-4.5 Jahre	
- Servin et al. (1999)	0.54-1.92	1-5 Jahre	
- Todd et al. (2016)	1.68-1.85	9-32 Monate	
- Wong und Hines (2016)	1.99-2.20	2-3 Jahre	
Prosoziales Verhalten			W > M
- Blake und Rand (2010)	0.31	3-6 Jahre	
- Gummerum et al. (2010)	0.44	3-5 Jahre	
Selbstkontrolle			W > M
- Jacobsen (1998)	0.82	6 Jahre	
- Mischel und Underwood (1974)	0.59	3-8 Jahre	
- Metaanalyse Silverman (2003)	0.16-0.22	3-11 Jahre	
- Tao et al. (2014)	0.19	3-9 Jahre	

Notiz. W = weiblich, M = männlich; Beurteilung der Effektstärken nach Cohen (1988): kleiner Effekt $d \geq 0.20$, mittlerer Effekt $d \geq 0.50$, großer Effekt $d \geq 0.80$.

5.2 Einfluss von Sexualhormonen auf Geschlechterunterschiede

5.2.1 Organisierende und aktivierende Effekte

Es können zwei Wirkweisen von Sexualhormonen unterschieden werden: Die organisierende und die aktivierende Wirkung. Organisierende Effekte haben Sexualhormone, die während der Schwangerschaft auf den Fötus und in den ersten Monaten nach der Geburt auf das Neugeborene einwirken und einen bleibenden Einfluss auf die Entwicklung bestimmter Gehirnstrukturen und damit potentiell auch auf späteres Verhalten haben (für einen Überblick siehe Cohen-Bendahan, van de Beek & Berenbaum, 2005). Dabei scheint vor allem der pränatale Testosteronspiegel eine bedeutende Rolle zu spielen. Dieser unterscheidet sich zwischen männlichen und weiblichen Föten ab der Entwicklung der männlichen Hoden und dem Beginn ihrer Testosteronproduktion von der siebten bis achten Schwangerschaftswoche an, weist den größten Geschlechterunterschied um die 17. Schwangerschaftswoche auf und nimmt ab der 24. Woche wieder ab (Abramovich, 1974; Finegan, Bartleman & Wong, 1989; Warne, Faiman, Reyes & Winter, 1977). Mädchen sind im Vergleich zu Jungen einem sehr viel geringeren Testosteronspiegel ausgesetzt, der sehr wahrscheinlich aus den Nebennieren des Fötus, den Nebennieren der Mutter, den Ovarien sowie dem Fett der Mutter stammt (Gardner & Shoback, 2011; Knickmeyer & Baron-Cohen, 2006). Während das Geschlecht genetisch festgelegt ist und initial darüber entscheidet, ob sich die Gonaden, die zu Beginn der Schwangerschaft bei männlichen und weiblichen Föten identisch sind, zu Hoden oder Ovarien entwickeln (Geschlechtsdetermination), entscheidet hauptsächlich das Testosteron, das von den Hoden der männlichen Föten produziert wird, über die physische Entwicklung zu einem Jungen oder unter Ausbleiben des Testosteroneinflusses zu einem Mädchen (Geschlechtsdifferenzierung; Hines, 2011). Postnatal ist der Testosteronspiegel von Jungen im Vergleich mit Mädchen dann noch einmal in der sogenannten „Mini-Pubertät“ zwischen der 4. und 24. Lebenswoche erhöht, allerdings fallen die Geschlechterunterschiede im Testosteronspiegel hier wesentlich geringer aus als in der pränatalen Phase. Diese postnatale Testosteronerhöhung nimmt Einfluss auf die Entwicklung der männlichen Genitalien und hat vermutlich ebenfalls eine organisierende Wirkung auf das sich weiterentwickelnde Gehirn (für einen Überblick siehe Hines et al., 2016). Nach dieser Phase unterscheidet sich der Testosteronspiegel von Jungen und Mädchen bis zur Pubertät nicht (Berenbaum & Beltz, 2011).

Während die organisierende Wirkung von Androgenen (vor allem Testosteron) gut belegt scheint, ist die Forschungslage in Bezug auf Östrogene weniger eindeutig. Wenngleich sowohl weibliche als auch männliche Föten Östradiol aus der mütterlichen Plazenta ausgesetzt sind, zeigen einige Studien geringfügig höhere Werte bei weiblichen Föten im Vergleich zu männlichen (großer Überschneidungsbereich zwischen weiblichen und männlichen Föten; Robinson, Judd, Young, Jones & Yen, 1977; van de Beek, Thijssen, Cohen-Kettenis, van Goozen & Buitelaar, 2004), die einen Einfluss der Ovarien der weiblichen Föten nahelegen, welche sich ab der 12. Schwangerschaftswoche entwickeln und später in der Embryogenese beginnen, kleine Mengen an Östradiol zu produzieren (Cohen-Bendahan et al., 2005; Robinson et al., 1977; Wilson, George & Griffin, 1981).

Mit Eintritt in die Pubertät gewinnen dann die aktivierenden Effekte der zirkulierenden Sexualhormone (vor allem Androgene, Östrogene und Gestagene), die Schwankungen unterliegen, an Einfluss. Die aktivierende unterscheidet sich von der organisierenden Wirkweise dahingehend, dass sie reversibel ist und direkt das aktuelle Verhalten beeinflusst (Hines, 2002). Eine Testosterongabe bei Proban-

dinnen führte so beispielsweise akut zu verminderter Empathie (Hermans, Putman & van Honk, 2006) und zu geringerem Vertrauen in Andere (Bos, Terburg & Van Honk, 2010) im Vergleich mit Probandinnen, die ein Placebo erhielten (für einen Überblick siehe Bos, Panksepp, Bluthé & van Honk, 2012). Auch der Menstruationszyklus unterliegt Sexualhormonschwankungen, die in die Kategorie der aktivierenden Effekte fallen (Cohen-Bendahan et al., 2005). Es wird angenommen, dass die fluktuierenden Sexualhormone dieselben Gehirnbereiche stimulieren, die früh in der Entwicklung durch die organisierende Wirkung von Sexualhormonen strukturiert wurden, und darüber Verhalten beeinflussen, wobei die Wirkung nicht klar trennbar ist. So ist nicht ausgeschlossen, dass auch der Anstieg der Sexualhormone in der Pubertät, der unter anderem zur Entwicklung der sekundären Geschlechtsmerkmale führt, organisierende Effekte auf das sich in der Jugend weiter entwickelnde Gehirn hat (Arnold & Breedlove, 1985; Auyeung, Lombardo & Baron-Cohen, 2013).

Daher kommt der Untersuchung von geschlechtsspezifischem Verhalten im Säuglings- und Kindesalter im Zusammenhang mit Hormonen eine besondere Bedeutung zu, da sich die zirkulierenden Sexualhormone in dieser Zeit zwischen Jungen und Mädchen in der Regel nicht unterscheiden, sodass ein möglicher hormoneller Einfluss nur auf die organisierende Wirkung der pränatalen und frühen postnatalen Sexualhormonschwankungen zurückgehen und die organisierende Wirkung damit isoliert untersucht werden kann. Im Jugend- und Erwachsenenalter hingegen können hormonelle Einflüsse auf das Verhalten sowohl auf organisierende als auch aktivierende Effekte oder eine Kombination aus beiden zurückgeführt werden (Cohen-Bendahan et al., 2005). Aus diesem Grund liegt der Fokus dieser Arbeit auf der Untersuchung pränataler Sexualhormoneinflüsse auf geschlechtsspezifisches Verhalten im frühen Kindesalter.

Studien an Tieren (vor allem an Ratten und nicht-menschlichen Primaten) zeigten, dass Androgen- beziehungsweise Östrogeninjektionen in den jeweiligen sensitiven pränatalen und neonatalen Phasen bleibende Effekte auf das geschlechtsspezifische Verhalten der Tiere hatten und zu einer Maskulinisierung beziehungsweise Feminisierung des Verhaltens führten (z.B. Breedlove, 1992; Collaer & Hines, 1995; Goy, Bercovitch & McBair, 1988). Bei Menschen sind eine Manipulation sowie eine direkte Messung des pränatalen Serumhormonspiegels aus ethischen Gründen nicht vertretbar. Somit bleibt Forschern nur der Weg über klinische Stichproben, in denen Individuen aufgrund eines Gendefekts im Mutterleib sehr hohen oder niedrigen Androgenspiegeln ausgesetzt waren, und Verfahren, mit denen sich der wahre Sexualhormonspiegel im Serum des Fötus näherungsweise bestimmen lässt.

5.2.2 Klinische Stichproben

Im Rahmen von Studien, die klinische Probandengruppen¹ untersuchten, die aufgrund ihrer Erkrankung pränatal einem erhöhten oder verringerten Androgenspiegel ausgesetzt waren, wurden am häufigsten Individuen untersucht, die an einem Adrenogenitalen Syndrom (AGS) leiden. Durch einen autosomal-rezessiv vererbten enzymatischen Defekt (Enzym: 21-Hydroxylase) auf einem Gen sind die betroffenen Föten schon sehr früh während der Schwangerschaft sehr großen Mengen an Androgenen ausgesetzt (Hines, 2003). Die Prävalenz für diese Erkrankung liegt bei 1:10.000 bis 1:20.000 (Speiser et al., 2010) und beide Geschlechter sind betroffen. Dennoch zeigten Studien, die das geschlechtsspezi-

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird nachfolgend auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Selbstverständlich schließt die männliche Form (z.B. Probanden), wenn nicht näher spezifiziert (männlich, weiblich), immer auch die weibliche Form mit ein.

fische Verhalten von AGS-Betroffenen untersuchten, überwiegend eindeutigere Ergebnisse für Mädchen im Vergleich zu betroffenen Jungen in Richtung eines maskulineren und weniger femininen Verhaltens im Vergleich mit nicht betroffenen Mädchen (für Überblicksarbeiten siehe Berenbaum & Beltz, 2011; Cohen-Bendahan et al., 2005). Da das AGS in den meisten Fällen postnatal mit Corticosteroiden behandelt wird, welches zu einer Normalisierung des Hormonhaushalts führt (Speiser et al., 2010), liegt es nahe, dass Unterschiede im Verhalten zwischen AGS-Betroffenen und gesunden Kontrollprobanden wahrscheinlich auf organisierende Effekte der Androgene während der Schwangerschaft zurückzuführen sein müssen. So konnte beispielsweise gezeigt werden, dass von dem AGS betroffene Mädchen deutlich maskuliner spielen (Berenbaum & Hines, 1992; Nordenstrom, Servin, Bohlin, Larsson & Wedell, 2002; Pasterski et al., 2005) und bessere räumliche Fähigkeiten aufweisen (Hampson & Rovet, 2015; Hampson, Rovet & Altmann, 1998; Hines, Fane, et al., 2003; Puts, McDaniel, Jordan & Breedlove, 2008) als nicht betroffene weibliche Kontrollprobanden.

Eine weitere interessante klinische Probandengruppe bilden Personen, die von einer kompletten Androgenresistenz betroffen sind. Sie sind genetisch männlich (46,XY Karyotyp), zeigen aber aufgrund einer Androgenresistenz einen weiblichen Phänotyp. Die Hoden der betroffenen Föten bilden eine normale Menge an Testosteron, jedoch bestehen keine funktionierenden Androgenrezeptoren, sodass sich die externen Genitalien weiblich entwickeln. Typischerweise werden die Betroffenen als Mädchen großgezogen und die komplette Androgenresistenz wird erst in der Pubertät mit Ausbleiben der Menarche entdeckt (Cohen-Bendahan et al., 2005). Aufgrund der Seltenheit des Syndroms (1:20.000 - 1:100.000) und durch die zumeist späte Entdeckung im Jugendalter gibt es nur wenige Studien mit dieser Patientengruppe (Cohen-Bendahan et al., 2005). Die vorhandenen Studien zeigen jedoch klar, dass das Verhalten der Betroffenen typisch weiblich entwickelt ist. Dies deutet darauf hin, dass die fehlende pränatale Androgenwirkung einen deutlich größeren Einfluss als der Genotyp (vorhandenes y-Chromosom) auf das geschlechtsspezifische Verhalten hat (Hines, Ahmed & Hughes, 2003; Wisniewski et al., 2000).

Die Untersuchung klinischer Stichproben liefert damit Evidenz für den Einfluss von pränatal wirkenden Sexualhormonen auf Geschlechterunterschiede sowie auf die Verhaltensvarianz innerhalb eines Geschlechts, wobei sowohl der Einfluss nicht kontrollierbarer, krankheitsspezifischer Faktoren (Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor, Hackett, et al., 2009) als auch die aufgrund der Seltenheit der Syndrome verhältnismäßig kleinen Stichproben (Cohen-Bendahan et al., 2005) bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen.

Auch sind die Ergebnisse dieser Studien nicht zwangsläufig auf typische Probandengruppen, die gewöhnlichen Hormonspiegeln im Mutterleib ausgesetzt sind, übertragbar. Daher sind Messmethoden notwendig, mit denen der pränatale Sexualhormonspiegel in gesunden Stichproben untersucht werden kann. Hier wäre es natürlich wünschenswert, eine Methode zur Verfügung zu haben, mit der der Sexualhormonspiegel des Fötus zu mehreren Zeitpunkten in der Schwangerschaft bestimmt werden kann. Dieses Vorgehen ist aufgrund des hohen Risikos für den Fötus, welches eine Blutabnahme mit sich bringen würde, nicht möglich. Die Messung pränataler Sexualhormone in der Amnionflüssigkeit sowie das Verhältnis von Zeige- zu Ringfinger, als potentieller Marker für den pränatalen Testosteronspiegel, sind die am häufigsten verwendeten Methoden zur näherungsweisen Erfassung des pränatalen Serumsexualhormonspiegels des Fötus. Beide finden auch in den dieser Arbeit zugrunde liegenden Untersuchungen Verwendung und werden daher im Folgenden beschrieben.

5.3 Geschlechterunterschiede im Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen

5.3.1 Messung pränataler Sexualhormone

Amniozentese

Eine Möglichkeit, den pränatalen Sexualhormonspiegel zu messen, bietet die Hormonbestimmung im Fruchtwasser im Rahmen von Amniozenteseuntersuchungen. Dabei handelt es sich um Untersuchungen, bei denen die Fruchtblase mit einer Hohlnadel punktiert wird, um eine kleine Menge Fruchtwasser zu entnehmen. Die Untersuchung kann zu diagnostischen Zwecken bei einem Verdacht auf Chromosomenschäden infolge eines auffälligen Ultraschalls, bei familiärer Vorbelastung oder einem höheren Alter der Mutter erfolgen (Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor & Hackett, 2009). Es handelt sich nicht um eine standardmäßig oder rein zu Forschungszwecken durchgeführte Diagnostik, da die Untersuchung durch das invasive Vorgehen mit einem um 0,5% gesteigerten Risiko für einen spontanen Schwangerschaftsabbruch verbunden ist sowie ein Verletzungsrisiko für Mutter und Fötus birgt (Kozlowski, Knippel & Stressig, 2008). Heute sind Amniozenteseuntersuchungen seltener geworden, da sich immer mehr Frauen aufgrund des Risikos für den Fötus zunächst für ein sogenanntes Ersttrimesterscreening entscheiden, das eine Kombination aus Ultraschall und Bluttest der Mutter beinhaltet und mit dem bereits einige Chromosomenschäden ausgeschlossen werden können (Kagan, Abele & Hoopmann, 2018). Amniozenteseuntersuchungen werden dann in der Regel nur noch bei einem auffälligen Ergebnis in dieser Untersuchung durchgeführt (Schmid et al., 2015). Der Untersuchungszeitpunkt liegt bei entsprechender Indikation normalerweise im zweiten Trimester der Schwangerschaft, meist zwischen der 14. und 20. Schwangerschaftswoche (Constantinescu & Hines, 2012). Messbare Geschlechterunterschiede im Fruchtwasser-Testosteronspiegel sind mit der Ausbildung der Hoden bei männlichen Föten und ihrem Start der Testosteronproduktion zwischen der 8. und 24. Schwangerschaftswoche mit einem Höhepunkt um die 17. Woche nachweisbar (siehe Abbildung 1; Abramovich, 1974; Finegan et al., 1989; Warne et al., 1977). Damit liegt das Zeitfenster, in dem die Amniozentese standardmäßig durchgeführt wird, in dem kritischen Zeitfenster, in dem die größten Geschlechterunterschiede im Serumtestosteronspiegel bestehen und in dem der Einfluss auf die geschlechtsspezifische Gehirnentwicklung vermutlich am höchsten ist (Finegan et al., 1989; Judd, Robinson, Young & Jones, 1976). Das Testosteron gelangt über zwei Wege in das Fruchtwasser: In der frühen Schwangerschaft diffundiert es durch die Haut des Fötus und in der späteren Schwangerschaft gelangt es über den Urin des Fötus in das Fruchtwasser (Judd et al., 1976), sodass davon ausgegangen werden kann, dass der im Fruchtwasser gemessene Testosteronspiegel dem Spiegel im Serum des Fötus ähnelt und damit ein direktes Maß für den pränatalen Testosteronspiegel darstellt. Dafür spricht auch, dass der Spitzenwert des Testosteronspiegels in der Amnionflüssigkeit um die gleiche Zeit wie der im Serum erreicht wird, auch wenn die Korrelation der beiden Maße unbekannt ist (Finegan et al., 1989) beziehungsweise in der einzigen Studie, die beide Maße in Zusammenhang brachte, nicht zu finden war (Rodeck, Gill, Rosenberg & Collins, 1985). Es scheint sehr wahrscheinlich, dass die Phase in der Schwangerschaft, in der sich die größten Geschlechterunterschiede im Testosteronspiegel zwischen Jungen und Mädchen zeigen, eine sensitive Phase der sexuellen Ausdifferenzierung des Gehirns ist

(Knickmeyer & Baron-Cohen, 2006), auch wenn weitere sensitive Phasen in der Entwicklung nicht ausgeschlossen sind und bereits gezeigt werden konnten (Cohen-Bendahan et al., 2005; Hines, 2011).

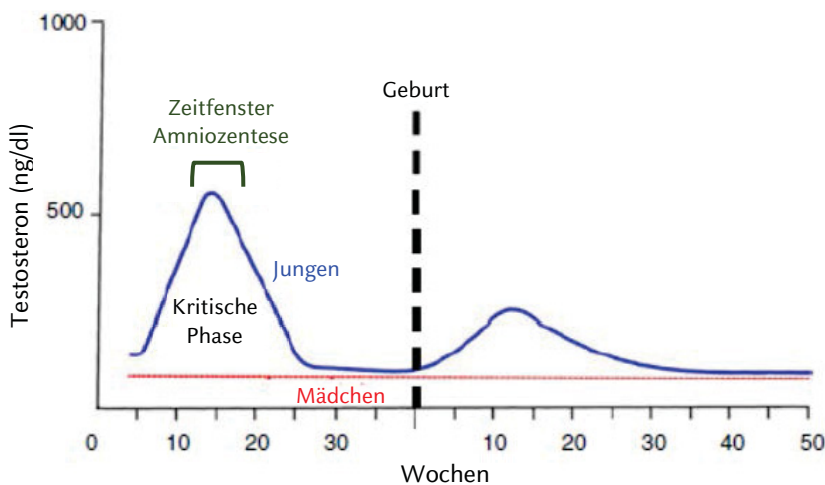


Abbildung 1. Verlauf des fötalen und neonatalen Testosteronspiegels. Grafik modifiziert nach Auyeung et al. (2013).

Fingerlängenverhältnis - 2D:4D

Im Jahr 1998 schlugen Manning und seine Kollegen das Verhältnis zwischen dem Zeige- und Ringfinger (*second digit to fourth digit* – 2D:4D) als einen leicht zu erfassenden Marker für den pränatalen Testosteronspiegel vor (Manning, Scutt, Wilson & Lewis-Jones, 1998). Diese Annahme beruht auf der Beobachtung, dass Frauen im Mittel größere 2D:4D aufweisen als Männer und dem Wissen, dass die sogenannten *Hox*-Gene (*Hox a* und *Hox d*) sowohl das Wachstum und die Strukturierung der Finger- und Zehenknochen als auch die Differenzierung der Genitalknospe beeinflussen (Kondo, Zákány, Innis & Duboule, 1997; Manning et al., 1998). Entsprechend dieser Annahme konnte eine Metaanalyse über 116 Stichproben einen moderaten Geschlechterunterschied im 2D:4D feststellen, der an der rechten Hand stärker ausgeprägt zu sein scheint als an der linken (Hönekopp & Watson, 2010). Zwei Studien an abgetriebenen Föten legen darüber hinaus nahe, dass dieser Geschlechterunterschied bereits pränatal besteht (Galis, Ten Broek, Van Dongen & Wijnaendts, 2010; Malas, Dogan, Hilal Evcil & Desdicioglu, 2006). Im Einklang mit diesen Befunden zeigte sich zudem, dass AGS-betroffene Frauen eher kleinere, typisch maskuline 2D:4D im Vergleich mit gesunden Frauen aufweisen (Brown, Hines, Fane & Breedlove, 2002; Ökten, Kalyoncu & Yaris, 2002; aber siehe Buck et al., 2003, die keinen Unterschied im 2D:4D zwischen AGS-Betroffenen und gesunden Frauen fanden). Für Individuen, die an einer kompletten Androgenresistenz (46,XY Karyotyp, aber Phänotyp weiblich) leiden, zeigten sich im Mittel typisch weibliche 2D:4D, was für einen androgenen Einfluss auf das im Mittel geschlechtsdimorphe Fingerlängenverhältnis und gegen einen rein genetischen Einfluss spricht (Berenbaum, Bryk, Nowak, Quigley & Moffat, 2009; van Hemmen, Cohen-Kettenis, Steensma, Veltman & Bakker, 2017).

Dass sich die Verteilungen der Fingerlängenverhältnisse für Jungen und Mädchen überlappen, wird häufig als Kritikpunkt an dem Maß angeführt. Es steht außer Frage, dass das 2D:4D somit nicht geeignet ist, zwischen Jungen und Mädchen zu diskriminieren und auf individueller Ebene eine Aussage über den pränatalen Testosteronspiegel zu treffen. Jedoch ermöglicht es die Untersuchung von Geschlechtereffekten auf Gruppenebene sowie von Korrelationen mit Verhaltensmaßen innerhalb eines Geschlechts (Breedlove, 2010). Während bei Menschen aus ethischen Gründen keine experimentelle

Manipulation des pränatalen Testosteronspiegels möglich ist, um kausale Zusammenhänge zwischen pränatalem Testosteron und 2D:4D zu untersuchen, konnten Zheng und Cohn (2011) zeigen, dass bei Mäusen sowohl die Erhöhung des Androgenspiegels als auch die Reduktion des Östrogenspiegels im Mutterleib zu einer Abnahme des 2D:4D führte.

Die Suche nach Studien an Menschen zum Zusammenhang zwischen Testosteronspiegel aus Amniozenteseproben und 2D:4D, fällt ernüchternd aus. Eine Studie, die beide Maße miteinander korrelierte, interpretierte die Ergebnisse, dass ein höheres Verhältnis von Fruchtwasser-Testosteron zu -Östradiol mit einem kleineren und damit maskulineren 2D:4D einherging, als Beleg für einen Zusammenhang der Maße (Lutchmaya, Baron-Cohen, Raggatt, Knickmeyer & Manning, 2004). Allerdings muss berücksichtigt werden, dass die Stichprobe nur aus 29 Kindern bestand, kein Geschlechterunterschied im 2D:4D gefunden wurde und vor allem, dass sich bei der nach Geschlecht getrennten Auswertung keine Korrelationen zwischen den pränatalen Sexualhormonspiegeln aus der Amnionflüssigkeit und dem 2D:4D zeigten. Die Korrelation zweier Maße, die jeweils Geschlechterunterschiede aufweisen, über beide Geschlechter hinweg führt unweigerlich zu signifikanten Ergebnissen, die sich im Zweifel nicht zeigen, wenn die Korrelationen nach Geschlecht getrennt berechnet werden (Breedlove, 2010; Constantinescu & Hines, 2012). Vor diesem Hintergrund kann die Studie nicht als Beleg für den Zusammenhang der Maße gesehen werden. Neben dieser Studie existiert bisher nur eine Studie, die ebenfalls den Zusammenhang der Sexualhormone aus der Amniozentese mit dem Fingerlängenverhältnis untersuchte. Ventura, Gomes, Pita, Neto und Taylor (2013) fanden den erwarteten negativen Zusammenhang dahingehend, dass Mädchen mit einem höheren Fruchtwasser-Testosteronspiegel kleinere 2D:4D aufwiesen. Dieser Zusammenhang konnte jedoch nicht für die Jungen gezeigt werden.

Unter der Annahme, dass das 2D:4D durch pränatale Hormone beeinflusst wird, sollte die zeitliche Stabilität des Geschlechterunterschieds hoch sein und dieser sollte bereits früh im Leben messbar sein. Während eine Querschnittsstudie mit zwei bis 25 Jahre alten Probanden keinen Altersunterschied für das 2D:4D fand (Manning et al., 1998), zeigte eine Untersuchung an 2- bis 5-Jährigen eine Zunahme des 2D:4D mit dem Alter (Williams, Greenhalgh & Manning, 2003). Die seltenen Längsschnittstudien, die besser dazu geeignet sind, die zeitliche Stabilität des 2D:4D zu untersuchen, da interindividuelle Unterschiede keine Rolle spielen, zeigen eine leichte Zunahme des 2D:4D mit dem Alter (McIntyre, Cohn & Ellison, 2006; McIntyre, Ellison, Lieberman, Demerath & Towne, 2005; Trivers, Manning & Jacobson, 2006; Wong & Hines, 2016). Jedoch zeigten weitere Berechnungen hohe zeitliche Korrelationen zwischen den Messzeitpunkten in allen genannten Studien und der Geschlechterunterschied im 2D:4D zeigte sich unabhängig vom Alter der Kinder. Nur im Falle einer Längsschnittstudie an 0- bis 2-Jährigen zeigte sich eine Abnahme im 2D:4D im ersten Lebensjahr und eine Zunahme im zweiten Lebensjahr und die Intraklassenkorrelationen zwischen den drei Messzeitpunkten (Alter: zwei Wochen, 12 Monate und 24 Monate) waren gering (Knickmeyer, Woolson, Hamer, Konneker & Gilmore, 2011). Auffallend ist, dass nur zwei der Längsschnittstudien die erste Messung des Fingerlängenverhältnisses im Säuglingsalter durchgeführt haben (Knickmeyer et al., 2011; McIntyre et al., 2005). Generell scheint eine möglichst frühe Messung des 2D:4D im Leben der Kinder wünschenswert, da mit steigendem Alter der getesteten Kinder eventuelle Umwelteinflüsse auf das 2D:4D schwieriger auszuschließen sind.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich der Geschlechterunterschied im 2D:4D bereits pränatal zeigt und mit steigendem Alter relativ stabil bleibt. Bei weiblichen Individuen, die pränatal krankheitsbedingt einem erhöhten Androgenspiegel ausgesetzt waren, ist das 2D:4D typisch

männlich und damit kleiner als bei gesunden Kontrollprobandinnen und bei genetisch männlichen Individuen, die aufgrund einer Androgenresistenz einen weiblichen Phänotyp entwickeln, typisch weiblich ausgeprägt. Zusammen betrachtet, legen diese Befunde nahe, dass ein höherer pränataler Testosteronspiegel mit einem kleineren 2D:4D einhergeht, was das 2D:4D zu einem nützlichen potentiellen Marker für den pränatalen Testosteronspiegel macht.

Für einige Geschlechterunterschiede im Verhalten beziehungsweise in den Präferenzen von Säuglingen und Kleinkindern konnte bereits ein Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen gezeigt werden. Im Folgenden werden zunächst Studien beschrieben, in denen der Sexualhormonspiegel in Amniozenteseproben bestimmt wurde, dann folgt eine Darstellung von Befunden, die Geschlechterunterschiede mit dem 2D:4D in Verbindung bringen konnten.

5.3.2 Geschlechterunterschiede im Zusammenhang mit Sexualhormonen aus dem Fruchtwasser

Die ersten Studien, die Verhalten, Fähigkeiten und Präferenzen mit dem pränatalen Sexualhormonspiegel aus Amniozenteseproben in Zusammenhang gebracht haben, stammen von einer kanadischen Forschergruppe, die den Zusammenhang von Fruchtwasser-Testosteron mit verschiedenen kognitiven Fähigkeiten an 28 Mädchen und 30 Jungen im Alter von vier Jahren (Finegan, Niccols & Sitarenios, 1992) sowie die mentale Rotationsfähigkeit im Alter von sieben Jahren untersuchte (Grimshaw, Sitarenios & Finegan, 1995). Keine der untersuchten Fähigkeiten wies signifikante Geschlechterunterschiede auf, sodass im Zusammenhang mit der geringen Größe der Stichprobe nicht verwunderlich ist, dass sich keine eindeutigen Korrelationen mit dem pränatalen Testosteronspiegel zeigten.

Die meisten „Amniozentese-Studien“ wurden bisher im Rahmen des *Cambridge Child Development Projects* veröffentlicht. Die Forschergruppe konnte zeigen, dass sowohl bei Jungen als auch bei Mädchen eine verringerte Empathie (Chapman et al., 2006), mehr autistische Verhaltenszüge (Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor & Hackett, 2009; Auyeung, Taylor, Hackett & Baron-Cohen, 2010), typisch männliches Spielverhalten (Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor, Hackett, et al., 2009), bessere visuell-räumliche Fähigkeiten (Auyeung et al., 2012) und ein höherer „Systematisierungswille“ (Wille, Systeme zu durchschauen und zu konstruieren; Auyeung et al., 2006) mit einem höheren pränatalen Testosteronspiegel zusammenhängen.

Damit steht außer Frage, dass die Bestimmung der Sexualhormone im Fruchtwasser ein direktes und damit sehr wertvolles und vielversprechendes Verfahren ist, um Einblick in eine unbestreitbar wichtige Phase der Geschlechterdifferenzierung zu erhalten, und mögliche pränatale Hormoneinflüsse auf späteres geschlechtsdimorphes Verhalten zu untersuchen.

5.3.3 Geschlechterunterschiede im Zusammenhang mit dem Fingerlängenverhältnis (2D:4D)

Im Vergleich mit „Amniozentese-Studien“ wurden weitaus mehr Studien durchgeführt, die das 2D:4D als Marker für den pränatalen Testosteronspiegel nutzten, da das 2D:4D im Vergleich zu anderen Messverfahren des pränatalen Testosteronspiegels ein sehr leicht zu erfassendes Maß ist. So konnte zum Beispiel gezeigt werden, dass ein kleineres 2D:4D mit höheren sportlichen Fähigkeiten assoziiert

ist (Hönekopp, Manning & Müller, 2006; Reed, Meggs & Manning, 2017) und mit mehr aggressivem Verhalten (in Studien mit Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen) einhergeht (für eine Metaanalyse siehe Turanovic, Pratt & Piquero, 2017). Aber auch in Studien, die speziell Verhaltensweisen von Kindern untersuchten, konnten bereits Zusammenhänge mit dem 2D:4D gefunden werden. Beispielsweise zeigten Kinder mit einem kleineren 2D:4D mehr typisch männliches Spielverhalten (Hönekopp & Thierfelder, 2009; Mitsui et al., 2016; Wong & Hines, 2016). Auch Symptome der Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS), die bei Jungen im Vergleich mit Mädchen häufiger auftreten, konnten mit einem kleineren 2D:4D in Zusammenhang gebracht werden (Martel, Gobrogge, Breedlove & Nigg, 2008; McFadden, Westhafer, Pasanen, Carlson & Tucker, 2005), und Kinder mit der Diagnose Autismus, die ebenfalls bei Jungen häufiger ist als bei Mädchen, wiesen kleinere 2D:4D auf als gesunde Kontrollprobanden (Manning, Baron-Cohen, Wheelwright & Sanders, 2001; Noipayak, 2009).

6 Fragestellungen

Betrachtet man die bisherigen Studien, die den Zusammenhang zwischen pränatalen Sexualhormonen und kindlichem Verhalten untersuchten, konnten sowohl für die Hormonbestimmung im Fruchtwasser, als eine direkte Methode der Hormonmessung, sowie für das Fingerlängenverhältnis von Zeige- zu Ringfinger, als Marker für den pränatalen Testosteronspiegel, Zusammenhänge mit geschlechtsspezifischem Verhalten im Kindesalter gefunden werden. Beide Maße kommen daher in den im Folgenden beschriebenen Studien zum Einsatz, um den pränatalen Hormoneinfluss auf Verhaltensweisen zu untersuchen, die bereits in der frühen Kindheit Geschlechterunterschiede aufweisen.

Studie A nimmt dabei das geschlechtsspezifische Spielverhalten von 40 Monate alten Kindern in den Fokus. Das kindliche Spielverhalten weist sehr große Geschlechterunterschiede auf und diese sind schon sehr früh im Leben evident, in einer Phase, in der die aktivierende Wirkung von Sexualhormonen noch keine Rolle spielt. Damit eignet sich dieses Verhalten sehr gut, um die organisierende Wirkung von pränatalen Sexualhormonen zu untersuchen (Cohen-Bendahan et al., 2005; Hines, 2010). Zudem existieren bereits Belege für Zusammenhänge zwischen dem geschlechtsspezifischen Spielverhalten und pränatalen Sexualhormonen (Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor, Hackett, et al., 2009; Hönekopp & Thierfelder, 2009; Mitsui et al., 2016; Wong & Hines, 2016), dahingehend, dass ein höherer pränataler Testosteronspiegel beziehungsweise ein kleineres 2D:4D mit mehr typisch maskulinem Spielverhalten zusammenhängt. Allerdings zeigen die vorhandenen Studien zum Teil widersprüchliche Ergebnisse und in Bezug auf das Fingerlängenverhältnis (2D:4D) mangelt es zudem an Untersuchungen im Längsschnittdesign. Daher wurde in der vorliegenden Studie ein Längsschnittdesign mit vier Messzeitpunkten verwendet, von denen die ersten beiden im Säuglingsalter mit fünf und neun Monaten stattfanden, gefolgt von Messzeitpunkten im Alter von 20 Monaten und 40 Monaten. Dieses Untersuchungsdesign bietet gegenüber vorherigen Untersuchungen eine Reihe von Vorteilen. Die Erfassung des 2D:4D im Längsschnittdesign macht eine Bestimmung der zeitlichen Stabilität des Geschlechterunterschieds im 2D:4D möglich und trägt dazu bei, die Reliabilität des Maßes zu erhöhen, sofern es über die Zeit stabil ist und über die Messzeitpunkte gemittelt werden kann. Zudem verringert die frühe Messung im Säuglingsalter die Gefahr einer Konfundierung des angenommenen pränatalen Testosteroneinflusses mit potentiellen, nicht bestimmbareren Einflüssen von postnatalen, umweltbedingten Faktoren auf das 2D:4D. Studie A soll außerdem den Zusammenhang zwischen dem Testosteronspiegel in der Amnionflüssigkeit und dem 2D:4D näher beleuchten, da dieser bisher lediglich in zwei

Studien mit unterschiedlichen Ergebnissen untersucht und damit bis heute nicht hinreichend belegt ist (Lutchmaya et al., 2004; Ventura et al., 2013).

Studie B hingegen hat zum Ziel, Geschlechterunterschiede in der Selbstkontrolle von 40 Monate alten Kindern mit dem pränatalen Sexualhormonspiegel in Verbindung zu bringen. In diesem Bereich ist die Forschungslage noch dünn. So konnten in einer Metaanalyse zwar Geschlechterunterschiede im Belohnungsaufschub als Maß für die Selbstkontrolle bei Kindern gezeigt werden, diese hingen jedoch stark von der verwendeten Methode und der Stichprobengröße ab (Silverman, 2003). Hinweise auf organisierende Einflüsse von Sexualhormonen auf die entsprechenden Hirnstrukturen, die die Fähigkeit zur Selbstkontrolle bedingen, stammen aus einer Studie an Ratten, die zeigen konnte, dass eine Testosteroninjektion zu einer schlechteren Fähigkeit zum Belohnungsaufschub führte (Bayless, Darling & Daniel, 2013) sowie aus einer Studie, die einen Zusammenhang zwischen der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub und dem 2D:4D bei Kindern fand (Da Silva, Moreira & Da Costa, 2014). Bisher existieren keine Studien, die die Selbstkontrollfähigkeit in Zusammenhang mit Sexualhormonen aus dem Fruchtwasser untersuchten.

Im Vergleich mit vielen bisherigen „Amniozentese-Studien“ (Auyeung et al., 2012; Finegan et al., 1992; Grimshaw et al., 1995; Knickmeyer, Baron-Cohen, Raggatt & Taylor, 2005; Knickmeyer, Wheelwright, et al., 2005; Lutchmaya et al., 2004) weist die vorliegende Längsschnittstudie eine recht große Stichprobe auf. Vor dem Hintergrund, dass für hormonelle Effekte auf Verhalten eher kleine bis mittlere Effektstärken zu erwarten sind, da wir als soziale Wesen starken umweltbedingten Einflüssen ausgesetzt sind, die das Verhalten ebenfalls beeinflussen (Breedlove, 2010), ist eine entsprechend große Stichprobe notwendig, um potentielle Effekte zu entdecken. Hinzu kommt, dass Amniozenteseuntersuchungen heute seltener durchgeführt werden, da mithilfe des risikoärmeren Ersttrimesterscreenings bereits die meisten Chromosomenanomalien ausgeschlossen werden können (siehe Abschnitt 5.3.1). Damit bieten die vorliegenden Studien die seltene Möglichkeit, Geschlechterunterschiede in der frühen Kindheit im Zusammenhang mit dem pränatalen Sexualhormonspiegel mithilfe der direkten Bestimmung in Amniozenteseproben sowie dem 2D:4D als indirektem Marker reliabler und mit einer größeren Teststärke als in vielen vorherigen Studien zu untersuchen und zudem den nicht zufriedenstellend untersuchten Zusammenhang der beiden Maße zu bestimmen (Lutchmaya et al., 2004; Ventura et al., 2013). Im Folgenden werden beide Studien getrennt beschrieben und diskutiert und daraufhin in einen größeren Kontext eingeordnet.

7 Geschlechtsspezifisches Spielverhalten bei 40 Monate alten Kindern und der Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen (Studie A)

7.1 Theoretischer Hintergrund

7.1.1 Geschlechterunterschiede im Spielverhalten

Geschlechterunterschiede im Spielverhalten zeigen sich bereits ab einem Alter von 12 Monaten (Servin et al., 1999; Todd et al., 2016; van de Beek et al., 2009) und nehmen zwischen 2.5 und 8 Jahren noch deutlich zu (Golombok et al., 2008), sodass sie sehr große Effektstärken um Cohen's $d = 2.0$ - 3.0 zeigen (Hines, 2010). Soziale Einflüsse, wie die Verstärkung für geschlechtskongruentes Verhalten durch die Eltern (für Überblicksarbeiten siehe Berenbaum et al., 2011; Hines, 2010) sowie die Vorbildfunktion von älteren Geschwistern spielen hier eine große Rolle (Hines, Johnston, et al., 2002; Mitsui et al., 2016; Rust et al., 2000). Interessant ist allerdings, dass nicht nur Kinder eine Präferenz für geschlechtsspezifisches Spielzeug zeigen, sondern dass auch nicht-menschliche Primaten, auf die kein sozialer Druck in Bezug auf eine Spielzeugpräferenz angenommen werden kann, diese Vorliebe für das jeweils geschlechtstypische Spielzeug (oder die damit ausführbaren Handlungen) teilen (Alexander & Hines, 2002; Hassett, Siebert & Wallen, 2008).

Das sehr frühe Auftreten des Geschlechterunterschieds im Spielverhalten, der einen ausschließlichen Einfluss durch soziale Faktoren (für Überblicksarbeiten siehe Berenbaum et al., 2011; Hines, 2010) unwahrscheinlich macht, sowie Hinweise aus Studien mit nicht-menschlichen Primaten deuten auf eine biologische Komponente bei der Entstehung dieses Geschlechterunterschieds hin. Da sich das geschlechtstypische Spielverhalten in einer Phase entwickelt, in der sich keine Unterschiede im Sexualhormonspiegel zwischen Jungen und Mädchen zeigen (Hines, 2010), ist hier der Einfluss von pränatalen Sexualhormonen, die eine organisierende Wirkung auf das Gehirn zeigen (für einen Überblick siehe Cohen-Bendahan et al., 2005), wahrscheinlich (siehe Abschnitt 5.2.1).

7.1.2 Spielverhalten im Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen

Hinweise darauf, dass pränatale Androgene die Entstehung des geschlechtstypischen Spielverhaltens beeinflussen, geben Studien mit Kindern, die unter dem AGS leiden. Dabei werden Kinder pränatal und kurz nach der Geburt sehr hohen Androgenspiegeln ausgesetzt (siehe Abschnitt 5.2.2). Während sich bei Jungen mit dem AGS und nicht betroffenen Kontrollprobanden keine Unterschiede im Spielverhalten zeigen, spielen Mädchen mit dem AGS maskuliner als nicht betroffene Mädchen (Berenbaum & Hines, 1992; Nordenstrom et al., 2002; Pasterski et al., 2005), ihre Eltern beschreiben ihr Verhalten als maskuliner als das von nicht betroffenen weiblichen Verwandten (Hines, 2003) und sie selbst beschreiben ihr Verhalten in der Kindheit retrospektiv als maskuliner (Hines, Brook & Conway, 2004). Da das AGS kurz nach der Geburt behandelt wird, um die Hormonlevel zu normalisieren, ist es naheliegend, dass die pränatalen Androgene bei der Maskulinisierung des Verhaltens der Mädchen eine Rolle spielen, auch wenn der Einfluss von anderen krankheitsbedingten Faktoren nicht

ausgeschlossen werden kann (Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor, Hackett, et al., 2009). Aus diesem Grund ist es sinnvoll, die Hypothese eines pränatalen Sexualhormoneinflusses auf das geschlechtstypische Spielverhalten an gesunden Kindern zu untersuchen.

Hier bietet sich die Nutzung des von Manning und Kollegen (1998) vorgeschlagenen Verhältnisses zwischen dem Zeige- und dem Ringfinger als leicht zu erfassenden Marker für den pränatalen Testosteronspiegel an (ein kleineres 2D:4D soll dabei durch einen höheren pränatalen Testosteronspiegel beeinflusst sein; siehe Abschnitt 5.3.1). Für dieses Maß konnte bereits mehrfach gezeigt werden, dass ein kleineres 2D:4D mit einem höheren Wert im *Preschool Activities Inventory* (PSAI; Golombok & Rust, 1993; höherer PSAI-Score bedeutet mehr maskulines Spielverhalten) einhergeht, einem Fragebogen, der die Präferenz der Kinder für typisch weibliches und männliches Spielzeug, Aktivitäten sowie Neigungen erfasst, welches die Validität des Markers zu unterstreichen scheint (Hönekopp & Thierfelder, 2009; Mitsui et al., 2016; Wong & Hines, 2016). Jedoch gibt es beachtliche Diskrepanzen in den gemessenen Korrelationen in Abhängigkeit der Hand, an der das 2D:4D gemessen wurde, und des Geschlechts der Kinder. Während Hönekopp und Thierfelder (2009) den Zusammenhang nur für das 2D:4D an der linken Hand und nur für Jungen finden konnten (allerdings verwendeten sie nicht den standardisierten Score für das PSAI und fanden keinen Geschlechterunterschied im 2D:4D), zeigten Mitsui et al. (2016), für die 2D:4D beider Hände der Jungen, dass ein kleineres Verhältnis mit mehr typisch maskulinem Spielverhalten (höherer PSAI-Score) einherging und für Mädchen und Jungen, dass kleinere 2D:4D mit höheren Maskulinitäts-Scores des PSAI (Summe der maskulinen Items) zusammenhängen. In der Studie von Wong und Hines (2016) hing ein höherer PSAI-Score mit einem kleineren 2D:4D der rechten Hand der Jungen und bei Mädchen mit einem kleineren 2D:4D an beiden Händen zusammen.

Wenngleich das 2D:4D ein häufig genutztes und leicht zu erfassendes Maß ist, ist der Zusammenhang mit dem pränatalen Androgenspiegel noch immer nicht zweifelsfrei nachgewiesen. Eine direktere Methode, um den pränatalen Sexualhormonspiegel zu erfassen, bietet die Messung im Fruchtwasser, das im Rahmen einer Amniozenteseuntersuchung entnommen wird (siehe Abschnitt 5.3.1).

Obwohl beide Maße als Marker für den pränatalen Sexualhormonspiegel bereits seit geraumer Zeit genutzt werden, wurde der Zusammenhang des 2D:4D und der Sexualhormone aus dem Fruchtwasser bisher wenig untersucht (siehe Abschnitt 5.3.1). Die einzige interpretierbare Studie gibt hier einen Hinweis darauf, dass ein höherer Testosteronspiegel im Fruchtwasser mit einem kleineren 2D:4D bei neugeborenen Mädchen einhergeht (Ventura et al., 2013).

In Bezug auf das geschlechtsspezifische Spielverhalten konnte bereits gezeigt werden, dass Jungen und Mädchen mit einem höheren Fruchtwasser-Testosteronspiegel mehr typisch maskulines Spielverhalten (höherer PSAI-Score) zeigten (Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor, Hackett, et al., 2009), dabei war die Korrelation bei den Mädchen stärker. Im Gegensatz dazu konnten zwei Studien, die eine strukturierte Spielsituation (van de Beek et al., 2009) beziehungsweise den *Child Game Participation Questionnaire* (Knickmeyer, Wheelwright, et al., 2005) nutzten, keine Korrelationen zwischen dem Spielverhalten und dem Testosteron aus der Amnionflüssigkeit finden. Hier ist allerdings anzumerken, dass die Kinder in der Studie von van de Beek et al. (2009) mit 13 Monaten noch sehr jung waren, was vor allem die direkte Beobachtung des Spielverhaltens in einer Laborsituation erschwert und der Fragebogen, der in der Studie von Knickmeyer, Wheelwright, et al. (2005) zum Einsatz kam, im Vergleich mit dem PSAI (Golombok & Rust, 1993) weniger gut validiert ist.

7.1.3 Der Einfluss von älteren Geschwistern auf das Spielverhalten

Bisherige Studien konnten zeigen, dass die Spielzeugpräferenz sowohl bei Mädchen als auch bei Jungen durch das Vorhandensein von älteren Brüdern eher typisch maskulin und durch ältere Schwestern eher typisch feminin ausgeprägt ist (Hines, Johnston, et al., 2002; Mitsui et al., 2016; Rust et al., 2000). Dieser Einfluss durch ältere Geschwister wird nach der sozialkognitiven Lerntheorie als Modelllernen und damit als ein sozialer Einflussfaktor angesehen (Berenbaum et al., 2011; Rust et al., 2000), was vor dem Hintergrund, dass Kinder mit älteren Geschwistern mit deren im Haushalt vorhandenen Spielzeugen in Kontakt kommen und mit ihnen zusammen spielen, einleuchtend erscheint. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass dem Einfluss von älteren Geschwistern auf das Verhalten jüngerer Geschwister auch zusätzlich eine genetische oder eine hormonelle und damit biologische Komponente zugrundeliegen kann (Berenbaum et al., 2011)². In Bezug auf das geschlechtsspezifische Spielverhalten fehlen bisher Studien, die sowohl den Einfluss älterer Geschwister als auch hormonelle Effekte untersuchen, um eine Aussage darüber treffen zu können, ob die Effekte additiv oder interaktiv sind (Berenbaum et al., 2011).

7.1.4 Ableitung der Fragestellung

Vor dem Hintergrund, dass bereits einige Hinweise auf einen Einfluss pränatalen Testosterons auf den früh beobachtbaren Geschlechterunterschied im Spielverhalten existieren, die Studienergebnisse jedoch zum Teil widersprüchlich sind, soll die vorliegende Untersuchung den Einfluss von pränatalen Sexualhormonen auf das geschlechtsspezifische Spielverhalten systematisch untersuchen.

Dazu wurden die pränatalen Sexualhormone über das 2D:4D als etablierten Marker für den pränatalen Testosteronspiegel sowie Testosteron-, Östradiol- und Östriolspiegel in der Amnionflüssigkeit der Kinder im Rahmen von Amniozenteseuntersuchungen bei den Müttern gemessen. Mit dem 2D:4D wird ein häufig genutztes, leicht zu erfassendes, gleichzeitig aber auch nur annäherungsweise Maß verwendet, während die Bestimmung in der Amnionflüssigkeit die Hormonspiegel zu einem fixen Zeitpunkt der pränatalen Entwicklung direkt misst. Die Verwendung der beiden unterschiedlichen Vorgehensweisen zur Quantifizierung der pränatalen Sexualhormone macht es im Rahmen der Studie folglich zusätzlich möglich, den korrelativen Zusammenhang zwischen dem Fruchtwasser-Testosteronspiegel und dem 2D:4D zu untersuchen – ein Zusammenhang, welcher bisher unzureichend erforscht wurde (Breedlove, 2010).

In Bezug auf das 2D:4D mangelt es an Studien, die das Maß im Längsschnittdesign erfassen, um die zeitliche Stabilität des Maßes sowie des Geschlechterunterschieds zu erfassen und die Reliabilität des Maßes (durch eine Mittelung über mehrere Messungen) zu erhöhen, um verlässliche Korrelationen mit geschlechtsdimorphen Verhaltensweisen und Präferenzen zu finden. Zudem scheint eine frühe Messung im Leben der Kinder wichtig, um mögliche postnatale Umwelteinflüsse auf das 2D:4D zu minimieren. Dazu weist die vorliegende Untersuchung ein Längsschnittdesign mit vier Messzeitpunkten (5, 9, 20 und 40 Monate) auf, von denen zwei im Säuglingsalter liegen. Zu allen Messzeitpunkten wur-

² Dass ältere Brüder einen biologischen Einfluss auf die Entwicklung jüngerer Brüder haben können, zeigen Studien, die zeigen konnten, dass mit steigender Anzahl älterer Brüder die Wahrscheinlichkeit für jüngere Brüder steigt, schwul zu werden, was mit der mütterlichen Immunhypothese (progressive Immunisierung einiger Mütter gegenüber männlichen Antigenen mit jeder Schwangerschaft mit einem männlichen Fötus sowie gleichzeitiger Anstieg an Antikörpern, die die sexuelle Differenzierung des Gehirns beeinflussen) erklärt wird (Blanchard, 2001, 2008).

de das 2D:4D der Kinder an beiden Händen erfasst, sodass zusätzlich eine Aussage darüber möglich ist, ob sich ein Geschlechterunterschied ausgeprägter an einer Hand im Vergleich mit der anderen zeigt.

Da sowohl die Studien, die den Zusammenhang von geschlechtsspezifischem Spielverhalten mit dem 2D:4D als auch die einzige Studie, die einen Zusammenhang des Spielverhaltens mit dem Fruchtwasser-Testosteron fand, das PSAI (Golombok & Rust, 1993) zur Erfassung des geschlechtsspezifischen Spielverhaltens nutzten, wurde dieser standardisierte und gut validierte Fragebogen von den Eltern der vorliegenden Stichprobe zum vierten Messzeitpunkt (Alter der Kinder: 40 Monate) ausgefüllt. Dies macht einen direkten Vergleich mit den vorherigen Studien möglich.

Zudem wurde die Anzahl älterer Brüder und Schwestern erhoben, da vorherige Studien bereits einen Einfluss älterer Geschwister auf das geschlechtstypische Spielverhalten zeigen konnten (Hines, Johnston, et al., 2002; Mitsui et al., 2016; Rust et al., 2000), aber die Frage nach einer gemeinsamen oder unabhängigen Varianzaufklärung von pränatalen Hormonen und der Anzahl und dem Geschlecht älterer Geschwister am geschlechtsspezifischen Spielverhalten bisher unbeantwortet ist (Berenbaum et al., 2011).

7.1.5 Hypothesen

Auf Grundlage der bisherigen Forschung wurde ein großer Geschlechterunterschied im geschlechtsspezifischen Spielverhalten (operationalisiert mit dem PSAI) sowie ein Geschlechterunterschied im 2D:4D unabhängig vom Messzeitpunkt und der Hand erwartet. Bezüglich der zeitlichen Stabilität des 2D:4D über die Messzeitpunkte wurden ein geringer Anstieg in der Größe mit dem Alter jedoch hohe Korrelationen zwischen den Messzeitpunkten erwartet. Vor allem aber sollten zwischen dem geschlechtsspezifischen Spielverhalten und dem 2D:4D sowie dem pränatalen Testosteronspiegel aus der Amnionflüssigkeit lineare Zusammenhänge sowohl für die Jungen als auch für die Mädchen bestehen. Dabei sollte stärker maskulines Spielverhalten mit einem kleineren 2D:4D beziehungsweise einem höheren pränatalen Testosteronspiegel in der Amnionflüssigkeit zusammenhängen. In Bezug auf Zusammenhänge zwischen dem pränatalen Östradiol, Östriol und dem Verhältnis aus Testosteron und Östradiol aus den Amnionzenteseproben und dem Spielverhalten wurden aufgrund fehlender Vorstudien keine klaren Vorhersagen gemacht. Da vorherige Studien zeigen konnten, dass die Anzahl älterer Brüder positiv mit dem Ausmaß an maskulinem Spielverhalten und die Anzahl älterer Schwestern positiv mit dem Ausmaß an femininem Verhalten zusammenhängt, wurde dieser Zusammenhang auch für die vorliegende Stichprobe angenommen. Zudem wurde angenommen, dass ein höherer Fruchtwasser-Testosteronspiegel mit einem kleineren 2D:4D einhergeht. Für den Zusammenhang zwischen Östradiol, Östriol beziehungsweise dem Verhältnis aus Testosteron und Östradiol mit dem 2D:4D wurden keine Vorhersagen gemacht, da hier bisher keine oder nur methodisch unzureichende Forschung existiert.

7.2 Methode

7.2.1 Stichprobe

Für die Längsschnittstudie mit dem Titel „Kognitive Entwicklung und Sexualhormone im Säuglings- und Kindesalter“ mit dem Ziel, Geschlechterunterschiede im Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen zu untersuchen, wurden zwischen den Jahren 2010 und 2012 Schwangere rekrutiert,

die sich im Rahmen einer pränatalen Diagnostik einer Amniozentese unterzogen. Dazu wurden die Mütter durch Ärzte von *Praenatal.de*, einer ärztlichen Partnerschaftsgesellschaft für Pränatal-Medizin und Genetik in Düsseldorf (www.praenatal.de), über die Studie aufgeklärt. 388 Mütter willigten in die Aufbewahrung ihrer Fruchtwasserproben sowie in die Auswertung hinsichtlich der Sexualhormone und die Kontaktaufnahme durch die Abteilung für Allgemeine Psychologie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf nach der Entbindung ein, um dann über eine Teilnahme an der Studie entscheiden zu können. Voraussetzung für die Teilnahme waren ein unkomplizierter Schwangerschaftsverlauf und keine Risikofaktoren (mit Ausnahme des Alters der Mutter), welche die Schwangerschaft gefährden oder eine Beeinträchtigung des Kindes hätten mit sich bringen können. Bei später auftretenden signifikanten Problemen in der Schwangerschaft beziehungsweise bei der Geburt wurde von einer Kontaktaufnahme abgesehen. Für die Studie wurden letztendlich alle verbleibenden 274 Mütter kontaktiert, deren Kinder einen APGAR-Score von mindestens neun aufwiesen (Apgar, 1953). Das Alter der Mütter bei der Entbindung lag zwischen 22 und 48 Jahren und betrug im Mittel 38.13 Jahre ($SD = 3.50$ Jahre). Die untersuchten Kinder wurden zwischen Januar 2011 und Februar 2013 geboren. Die Längsschnittstudie umfasste vier Messzeitpunkte, die im Alter von fünf Monaten, neun Monaten, 20 Monaten und 40 Monaten stattfanden. In die Auswertung über alle Messzeitpunkte hinweg gingen die Daten von 51 Mädchen und 42 Jungen ein, für die Handscans für alle vier Messzeitpunkte, die Antworten der Eltern auf dem *Preschool Activities Inventory* (PSAI; Golombok & Rust, 1993) sowie Testosteron-, Östradiol- und Östrogenwerte aus der Amnionflüssigkeit vorlagen (für das mittlere Alter und Standardabweichungen zu den einzelnen Messzeitpunkten siehe Tabelle 2).

Tabelle 2

Mittleres Alter und Standardabweichungen in Monaten

Messzeitpunkt		Jungen	Mädchen	Gesamt
5 Monate	<i>M</i>	5.46	5.43	5.44
	<i>SD</i>	0.26	0.28	0.27
9 Monate	<i>M</i>	9.31	9.30	9.31
	<i>SD</i>	0.33	0.39	0.36
20 Monate	<i>M</i>	20.64	20.47	20.54
	<i>SD</i>	0.36	0.45	0.42
40 Monate	<i>M</i>	40.57	40.50	40.53
	<i>SD</i>	0.56	0.51	0.54

Wie bei einer Längsschnittstudie zu erwarten, gab es über die Messzeitpunkte einen Drop-out einiger teilnehmender Kinder (siehe Stichprobengrößen Tabelle 3). Als Gründe hierfür sind Wohnortwechsel, Änderungen in den Kontaktdaten und Termenschwierigkeiten auf Seiten der Eltern (z.B. durch Berufstätigkeit) zu nennen. Die Eltern gaben bei jedem Messzeitpunkt ihr informiertes Einverständnis zur Teilnahme an der Studie sowie Aufzeichnung und Speicherung der Daten und erhielten eine Fahrtkostenentschädigung (0,25€ pro Kilometer). Die Längsschnittstudie wurde von der Ethikkommission der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf genehmigt.

Tabelle 3
Stichprobengrößen zu den vier Messzeitpunkten

Messzeitpunkt	N Jungen	N Mädchen	N Gesamt
5 Monate	112	108	220
9 Monate	94	86	180
20 Monate	79	69	148
40 Monate	81	78	159

7.2.2 Material und Durchführung

Geschlechtsspezifisches Spielverhalten

Die deutsche Version des standardisierten *Preschool Activities Inventory* (PSAI; Golombok & Rust, 1993) von Hönekopp und Thierfelder (2009) wurde verwendet, um das geschlechtsspezifische Spielverhalten der Kinder zu erfassen. Es besteht aus 24 Items, die die Präferenz für Spielsachen (7 Items), Aktivitäten (11 Items) und Neigungen (6 Items) erfassen (siehe Anhang A). Auf einer 5-Punkte-Skala von „1 – nie“ bis „5 – sehr oft“ erfassen 12 der Items dabei typisch maskulines und 12 typisch feminines Verhalten. Die Auswertung erfolgt über die Berechnung eines Gesamtscores, für den die Summe der „femininen Items“ von der Summe der „maskulinen Items“ subtrahiert wird, dieser Differenzwert mit 1.1 multipliziert und mit 48.25 addiert wird, um den Score in eine Pseudo-T-Skala zu verwandeln (PSAI-Score; Golombok & Rust, 1993). Die PSAI-Scores können dieser Berechnung folgend Werte zwischen -4.55 (ausschließlich typisch feminines Spielverhalten) und 101.05 (ausschließlich typisch maskulines Spielverhalten) annehmen. Daraus folgt, dass ein höherer Wert auf mehr maskulines Verhalten des Kindes und ein niedrigerer Wert auf mehr feminines Verhalten des Kindes hindeutet.

Das PSAI ist ein sehr häufig genutztes Instrument, um das geschlechtstypische Spielverhalten von Kindern standardisiert zu erfassen (um nur einige zu nennen: Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor, Hackett, et al., 2009; Hines, Golombok, et al., 2002; Hönekopp & Thierfelder, 2009; Mitsui et al., 2016; Wong & Hines, 2016). Die Test-Retest-Reliabilität (mit einem Jahr zwischen den beiden Messzeitpunkten) der englischen Version liegt bei .66 für Mädchen und .62 für Jungen und die Split-Half-Reliabilität bei .66 für Jungen und .80 für Mädchen (Golombok & Rust, 1993). Die deutsche Version weist eine sehr gute interne Konsistenz von $\alpha = .91$ auf (Hönekopp & Thierfelder, 2009).

Der Fragebogen wurde mit der Software *Presentation* (Neurobehavioral Systems, USA) programmiert und an einem Laptop im Labor von dem begleitenden Elternteil zum vierten Messzeitpunkt (Alter: 40 Monate) ausgefüllt (bei 70 Kindern von der Mutter, bei 14 Kindern von beiden Eltern, bei sechs Kindern vom Vater und bei drei Kindern fehlte die Angabe zum Geschlecht des Elternteils), während das Kind im benachbarten Raum hinsichtlich verschiedener Fragestellungen getestet wurde. Die Erhebung zum vierten Messzeitpunkt dauerte circa eine Stunde und enthielt Untersuchungen zu verschiedenen Verhaltensweisen, für die Geschlechterunterschiede vermutet wurden.

Messung und Beurteilung des Fingerlängenverhältnisses zwischen Zeige- und Ringfinger (2D:4D)

Zu allen vier Messzeitpunkten wurden beide Hände der Kinder separat mithilfe eines Fujitsu Flachbettscanners (Fujitsu fi-60F, Auflösung 600dpi) gescannt. Dafür wurden die Hände der Säuglinge

beziehungsweise Kleinkinder nacheinander auf den Scanner gelegt, mit einem Tuch abgedeckt und mit sanftem Druck darauf festgehalten, um die Güte der Scans zu verbessern. Diese indirekte Messmethode wurde gewählt, da gezeigt wurde, dass sie größere Geschlechterunterschiede hervorbringt als direkte Messungen (mit Messschiebern; Hönekopp & Watson, 2010). Einige Säuglinge und Kinder verweigerten das Scannen ihrer Hände, sodass zu jedem Messzeitpunkt einige Werte fehlen. Zusätzlich bewerteten vor der Berechnung des Fingerlängenverhältnisses zwischen Zeige- und Ringfinger zwei unabhängige Beurteilerinnen die Güte der Scans. Dabei wurde streng darauf geachtet, dass die Fingerspitzen gut sichtbar und die Finger nicht gewölbt waren, was eine Verfälschung des Fingerlängenverhältnisses zufolge hätte, sodass auch hier weitere Scans als nicht messbar eingestuft wurden und daher nicht in die Berechnungen eingehen konnten (die Anzahl der fehlenden und nicht messbaren Handscans sind Tabelle 4 zu entnehmen).

Tabelle 4

Anzahl fehlender und nicht messbarer Handscans zu den vier Messzeitpunkten

Messzeitpunkt, Hand	Fehlende Scans	Nicht messbare Scans
5 Monate, rechts	4	27
5 Monate, links	5	13
9 Monate, rechts	10	30
9 Monate, links	10	11
20 Monate, rechts	11	22
20 Monate, links	14	21
40 Monate, rechts	6	10
40 Monate, links	6	5

Notiz. rechts = rechte Hand, links = linke Hand

Da gezeigt werden konnte, dass Computermessungen genauer sind als Messungen mit Messschiebern oder Linealen (Kemper & Schwerdtfeger, 2009), wurde zur Bestimmung des Verhältnisses zwischen Zeige- und Ringfinger (2D:4D) das Freeware Programm *Autometric* (DeBruine, 2004) verwendet, das speziell diesem Zweck dient und in einer aktuellen Studie als das beste Verfahren zur Messung des 2D:4D identifiziert wurde (Mikac, Buško, Sommer & Hildebrandt, 2016). Dabei klickt der Beurteiler für jeden Handscan zunächst die Fingerspitze des Zeige-, gefolgt von der Fingerspitze des Ringfingers, dem Mittelpunkt der unteren Hautfalte des Zeige- und dem Mittelpunkt der unteren Hautfalte des Ringfingers an. Das Programm berechnet daraufhin das Verhältnis der Länge der beiden Finger (siehe Abbildung 2). Um die Reliabilität der Messungen zu erhöhen, wurden alle Handscans (acht Scans je Kind) zweimal von einer Beurteilerin gemessen und ein weiteres Mal von einer unabhängigen zweiten Beurteilerin. Den Beurteilerinnen war zum Zeitpunkt der Messung das Geschlecht des jeweiligen Kindes nicht bekannt.

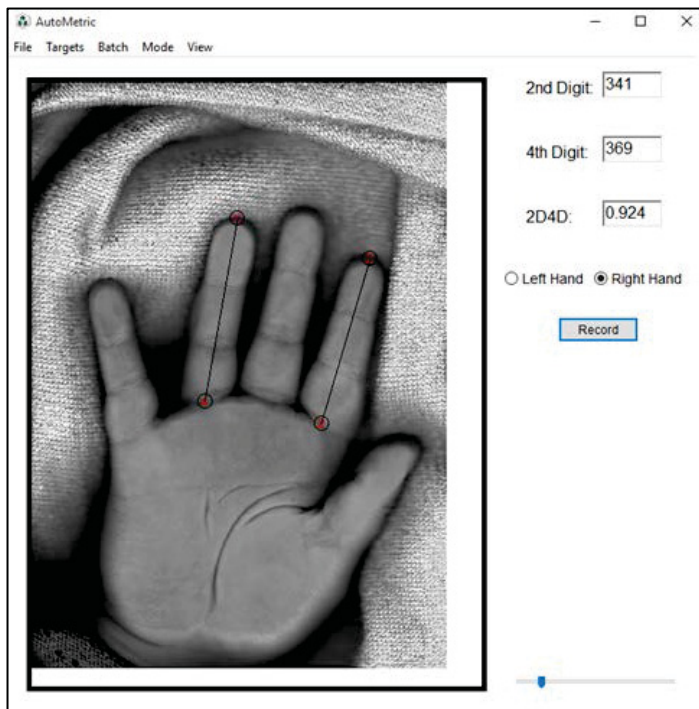


Abbildung 2. Beispielmessung mithilfe der Software Autometric (DeBruine, 2004). Nach Anklicken der Fingerspitzen und der unteren Hautfalten des Zeige- und Ringfingers berechnet das Programm automatisch das Verhältnis der beiden Finger zueinander.

Die Intrarater-Reliabilität der zwei Messungen von Beurteilerin 1 sowie die Interrater-Reliabilität des Mittelwerts der zwei Messungen von Beurteilerin 1 und der Messung von Beurteilerin 2 bestimmt mithilfe von Intraklassenkorrelationen waren für jeden Messzeitpunkt exzellent ($ICC > .90$; für die genauen Werte siehe Tabelle 5). Aus diesem Grund wurden die drei Messungen zur Erhöhung der Reliabilität gemittelt.

Tabelle 5

Intraklassenkorrelationen für die drei Messungen des 2D:4D zu den vier Messzeitpunkten

Messzeitpunkt, Hand	Intrarater-Reliabilität	Interrater-Reliabilität
5 Monate, rechts	.965	.938
5 Monate, links	.955	.940
9 Monate, rechts	.960	.963
9 Monate, links	.953	.953
20 Monate, rechts	.918	.944
20 Monate, links	.955	.921
40 Monate, rechts	.956	.951
40 Monate, links	.963	.956

Notiz. Die Intrarater-Reliabilität ergibt sich aus der Intraklassenkorrelation der zwei Messungen einer Beurteilerin. Die Interrater-Reliabilität ergibt sich aus der Intraklassenkorrelation zwischen dem Mittelwert aus den zwei Messungen der ersten Beurteilerin und der Messung der zweiten Beurteilerin. Rechts = rechte Hand, links = linke Hand.

Fehlende Daten aufgrund von nicht messbaren oder fehlenden Handscans wurden in Bezug auf die Haupthypothese eines Geschlechterunterschieds im 2D:4D konservativ ersetzt, indem sie durch den

Mittelwert aller verfügbaren 2D:4D-Messungen der jeweiligen Hand und des jeweiligen Messzeitpunkts unabhängig vom Geschlecht ersetzt wurden, wenn mindestens fünf messbare von acht möglichen Scans eines Kindes vorlagen. Insgesamt wurden 205 von 744 Werte ersetzt. Um sicherzustellen, dass es durch die Ersetzungen nicht zu einer Verfälschung der Ergebnisse gekommen ist, wurden zusätzlich statistische Tests für jeden einzelnen Messzeitpunkt mit den jeweils zu diesem Messzeitpunkt vorliegenden messbaren Fingerlängenverhältnissen durchgeführt.

Auswertung der Sexualhormone aus den Amniozenteseproben

Die Amniozenteseproben der Mütter wurden hinsichtlich des Testosteron-, Östradiol- und Östriolspiegels ausgewertet. Die Amniozentese wurde zwischen der 14. und der 18. Schwangerschaftswoche durchgeführt ($M = 14.84$ Wochen, $SD = 0.91$ Wochen). Die Fruchtwasserproben wurden im Jahr 2013 im Labor des Instituts de Médecine Légale, Strasbourg, Frankreich, mit Hochleistungsflüssigchromatographie in Verbindung mit Tandem-Massenspektrometrie ausgewertet, da mit dieser Methode mit hoher Sensitivität und Spezifität eine gleichzeitige Erfassung von mehreren Biomarkern in der Amnionflüssigkeit möglich ist. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Methode nicht auf einer einzelnen Analysat-Bestimmung beruht, wie es bei den häufig verwendeten Immunassays oft der Fall ist. Die Methode der Hormonbestimmung in den Amniozenteseproben der vorliegenden Stichprobe ist ausführlich in Rivet et al. (2018) beschrieben.

Auch in vorherigen Studien wurden bereits verschiedene Massenspektrometrie-Methoden, unter anderem die Gas-Chromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung und die Flüssigchromatographie in Verbindung mit Tandem-Massenspektrometrie für die Steroidbestimmung in Fruchtwasserproben, genutzt (Fahlbusch et al., 2015; Hill et al., 2010; Ventura et al., 2013; Wudy, Dörr, Solleder, Djalali & Homoki, 1999).

7.2.3 Untersuchungsdesign

Zur Testung eines Geschlechterunterschieds im Spielverhalten (d.h. Jungen spielen maskuliner, Mädchen femininer) wurde das Geschlecht als unabhängige Variable verwendet. Als abhängige Variable diente das Spielverhalten, operationalisiert über den von den Eltern ausgefüllten Fragebogen PSAI (Golombok & Rust, 1993).

Die Fragestellungen bezüglich eines Geschlechterunterschieds im 2D:4D unabhängig von Messzeitpunkt und Hand und der zeitlichen Stabilität des 2D:4D wurden in einem 4 (*Messzeitpunkt*) \times 2 (*Hand*) \times 2 (*Geschlecht*) gemischt-faktoriellen Design mit den unabhängigen Innersubjektfaktoren *Messzeitpunkt* (Alter: 5, 9, 20 und 40 Monate) und *Hand* (rechts, links) und dem Zwischensubjektfaktor *Geschlecht* (männlich, weiblich) untersucht. Als abhängige Variable diente das Verhältnis von Zeige- zu Ringfinger (2D:4D), das anhand von Handscans gemessen wurde.

Für die Bestimmung von Geschlechterunterschieden in den pränatalen Sexualhormonen diente wiederum das Geschlecht als unabhängige Variable und die Testosteron- bzw. Östradiol- und Östriolwerte aus der Amnionflüssigkeit als abhängige Variablen.

Die Zusammenhänge zwischen dem geschlechtsspezifischen Spielverhalten (operationalisiert über das PSAI) und dem 2D:4D sowie dem pränatalen Testosteron-, Östradiol- und Östriolspiegel aus der Amnionflüssigkeit wurden mithilfe von korrelativen Designs erfasst. Zusätzlich wurde der Zusammenhang zwischen dem geschlechtstypischen Spielverhalten und der Anzahl älterer Brüder und

Schwestern sowie mögliche Zusammenhänge zwischen dem 2D:4D und den pränatalen Sexualhormonspiegeln (Testosteron, Östradiol, Östriol und Verhältnis aus Testosteron zu Östradiol) in korrelativen Designs untersucht.

7.2.4 Statistische Auswertung

Alle Analysen in Studie A und B erfolgten mit IBM SPSS Version 24 auf einem Signifikanzniveau von $\alpha = .05$. Effekte, die aufgrund der Hypothesen erwartet wurden und die ein Signifikanzniveau zwischen $\alpha = .05$ und $\alpha = .10$ erreichten, wurden als statistischer Trend gewertet und finden daher Erwähnung. Als Effektstärkemaße wurden *Cohen's d* und *Pearson's r* verwendet, die nach den von Cohen (1988) festgelegten Intervallgrenzen, wie folgt, beurteilt werden: kleiner Effekt $d \geq 0.20$ bzw. $r \geq .10$, mittlerer Effekt $d \geq 0.50$ bzw. $r \geq .30$ und großer Effekt $d \geq 0.80$ bzw. $r \geq .50$.

Um Geschlechterunterschiede im PSAI-Score sowie in den Testosteron-, Östradiol- und Östriolwerten aus den Amniozenteseproben zu untersuchen, wurden *t*-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt. Da die Hormonwerte nicht normalverteilt waren, wurde für die statistischen Analysen die Quadratwurzel aus den Hormonwerten gezogen, um die Verteilung einer Normalverteilung anzunähern.

Die Hypothesen bezüglich eines Geschlechterunterschieds im 2D:4D unabhängig von Messzeitpunkt und Hand und der zeitlichen Stabilität des 2D:4D wurden in einer 4 (*Messzeitpunkt*) \times 2 (*Hand*) \times 2 (*Geschlecht*) gemischt-faktoriellen Varianzanalyse untersucht. Der Haupteffekt *Messzeitpunkt* wurde weiterführend mit Bonferroni-korrigierten paarweisen Vergleichen analysiert. Die zeitliche Stabilität des 2D:4D wurde zusätzlich mit Intraklassenkorrelationen (ICCs) überprüft.

Die korrelativen Analysen, um Aussagen über die Zusammenhänge zwischen dem PSAI-Score sowie der Summe der „maskulinen Items“ und der Summe der „femininen Items“ und dem 2D:4D sowie den pränatalen Testosteron-, Östradiol- und Östriolwerten aus der Amniozentese zu treffen, erfolgten mit Pearson-Korrelationen, die getrennt für beide Geschlechter berechnet wurden. Auch die Analyse des Zusammenhangs zwischen PSAI-Score und der Anzahl der älteren Brüder und Schwestern erfolgte getrennt nach Geschlecht mithilfe von Pearson-Korrelationen. Zu diesem Zweck wurde ein kombinierter Wert aus der Anzahl älterer Brüder und Schwestern berechnet, indem die Anzahl älterer Brüder mit -1 multipliziert wurde und dann die Anzahl älterer Schwestern addiert wurde. Die Korrelationen von Jungen und Mädchen wurden mit Fisher-z-Transformationen auf signifikante Unterschiede hin geprüft. Zusätzlich wurden multiple Regressionsanalysen für Jungen und Mädchen durchgeführt, um zu untersuchen, ob das 2D:4D und die Anzahl und das Geschlecht älterer Geschwister unabhängige Varianzquellen in Bezug auf die Spielzeugpräferenz aufklären. Dazu wurden die Prädiktoren mit der Methode „Einschluss“ in die Regressionsgleichungen aufgenommen, da das Vorgehen bei fehlenden Vorstudien, die beide Prädiktoren (2D:4D und Geschlecht und Anzahl älterer Geschwister) einschließen, als explorativ zu betrachten ist. Außerdem wurde der erwartete Zusammenhang zwischen 2D:4D und dem pränatalen Testosteronspiegel sowie die explorativ untersuchten Zusammenhänge zwischen 2D:4D und Östradiol, Östriol und dem Verhältnis aus Testosteron und Östradiol mit Pearson Korrelationen untersucht.

Weiterführende Analysen

Als natürliche Konsequenz des Längsschnittdesigns beginnend mit der Amniozenteseuntersuchung vor der Geburt und vier Messzeitpunkten in den ersten vier Lebensjahren der Kinder gab es ei-

nen Drop-Out von Probanden über den Verlauf der Studie. Zusätzlich waren einige Handscans vor allem zu den ersten drei Messzeitpunkten, bei denen sich die Babys und Kleinkinder zum Teil stark bewegten und kein bis wenig Verständnis für die Instruktionen, die Hand flach auf dem Scanner zu platzieren, zeigten, nicht messbar. Daraus ergeben sich unterschiedliche Stichprobengrößen für die vier Messzeitpunkte. Da so nicht alle messbaren Fingerlängenverhältnisse in die Varianzanalyse eingingen und für diese Analyse fehlende Werte ersetzt werden mussten, wurden zusätzlich t -Tests für unabhängige Stichproben berechnet, um für jeden einzelnen Messzeitpunkt Geschlechterunterschiede im 2D:4D getrennt nach Hand (rechts, links) mit allen verfügbaren Handscans zu bestimmen. So konnte überprüft werden, ob das Ersetzen der fehlenden 2D:4D-Werte zu einer Verzerrung der Ergebnisse geführt hat und die Analysen der Geschlechterunterschiede im 2D:4D sowie die Korrelationen von 2D:4D und dem PSAI zu den einzelnen Messzeitpunkten mit den jeweils messbaren Fingerlängenverhältnissen zu anderen Ergebnissen führen als die Varianzanalyse sowie die Korrelation des PSAI mit dem gemittelten 2D:4D.

7.3 Ergebnisse

7.3.1 Geschlechterunterschied im Spielverhalten

Wie erwartet, berichteten Eltern für Söhne mehr maskulines Spielverhalten als für Töchter, was sich in signifikant höheren PSAI-Scores bei den Jungen im Vergleich mit den Mädchen widerspiegelte (Jungen: $M = 66.69$, $SD = 7.56$; Mädchen: $M = 37.47$, $SD = 10.45$; $t(91) = 15.14$, $p < .001$, $d = 3.16$).

7.3.2 Geschlechterunterschied im Fingerlängenverhältnis (2D:4D)

Entsprechend der Hypothese eines Geschlechterunterschieds im 2D:4D zeigte sich ein Haupteffekt des Geschlechts ($F(1,91) = 27.52$, $p < .001$, $d = 1.10$) dahingehend, dass die Mädchen unabhängig vom Messzeitpunkt und der Hand (rechts vs. links) größere 2D:4D aufwiesen als die Jungen (Jungen: $M = 0.92$, $SD = 0.02$; Mädchen: $M = 0.94$, $SD = 0.02$; siehe Abbildung 3). Es zeigten sich keine signifikanten Interaktionen zwischen den drei Faktoren (*Messzeitpunkt*, *Hand* und *Geschlecht*).

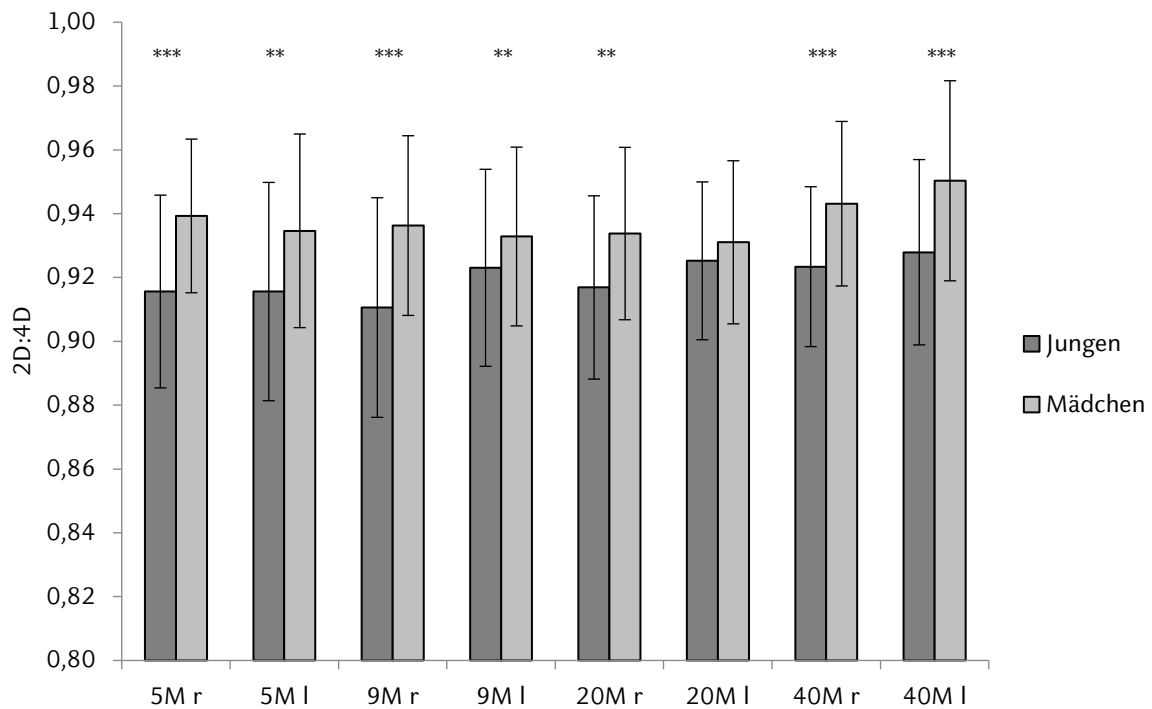


Abbildung 3. Mittelwerte des Fingerlängenverhältnisses (2D:4D) für Mädchen und Jungen in Abhängigkeit des Messzeitpunktes (5M = 5 Monate, 9M = 9 Monate, 20M = 20 Monate, 40M = 40 Monate) und der Hand (r = rechts, l = links). Die Fehlerbalken sind Indikatoren der Standardabweichung.

** $p < .01$

*** $p < .001$

7.3.3 Zeitliche Stabilität des Fingerlängenverhältnisses (2D:4D)

Im Hinblick auf die zeitliche Stabilität des Fingerlängenverhältnisses wurden ein leichter Anstieg in der Größe des 2D:4D mit steigendem Alter, aber hohe Korrelationen zwischen den Messzeitpunkten erwartet. Es zeigte sich ein Haupteffekt des Messzeitpunktes ($F(3,273) = 6.80, p < .001, d = 0.54$). Bonferroni-korrigierte paarweise Vergleiche zeigten, dass das 2D:4D zum vierten Messzeitpunkt (Alter der Kinder: 40 Monate) signifikant größer war als zu allen anderen Messzeitpunkten (5 Monate: $M = 0.93, SD = 0.03$; 9 Monate: $M = 0.93, SD = 0.03$; 20 Monate: $M = 0.93, SD = 0.02$; 40 Monate: $M = 0.94, SD = 0.03$; alle p -Werte = .001), die sich nicht signifikant voneinander unterschieden.

Die Intraklassenkorrelationen (ICCs), die verwendet wurden, um die zeitliche Stabilität des 2D:4D weiterführend zu untersuchen, zeigten zufriedenstellende ICCs (ICC zwischen .40 und .59 nach Cicchettis Richtlinien (1994)) für die rechten 2D:4D der Mädchen und der Jungen (Jungen: ICC = .45; Mädchen: ICC = .42). Für die linken 2D:4D zeigten sich gute ICCs (ICC zwischen .60 und .74 nach Cicchettis Richtlinien (1994); Jungen: ICC = .73; Mädchen: ICC = .60).

Da es weder einen Haupteffekt der Hand noch Interaktionen zwischen den drei Faktoren gab, wurden die acht Fingerlängenverhältnisse pro Kind gemittelt und in den folgenden korrelativen Analysen verwendet, um das Signal-Rausch-Verhältnis des 2D:4D zu erhöhen und die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers 1. Art zu reduzieren.

7.3.4 Spielverhalten im Zusammenhang mit dem Fingerlängenverhältnis (2D:4D)

Die Pearson-Korrelation zwischen PSAI-Scores und dem 2D:4D zeigten einen mittleren Effekt für die Mädchen ($r = -.38$, $p = .003$, *einseitig getestet*; siehe Abbildung 4) in die erwartete Richtung. Mädchen mit höheren PSAI-Scores (mehr maskulinem Spielverhalten) hatten kleinere Fingerlängenverhältnisse. Auch die beiden Korrelationen zwischen 2D:4D und der Summe der „femininen Items“ beziehungsweise der „maskulinen Items“ des PSAI wurden für die Mädchen signifikant (Summe der „femininen Items“: $r = .33$, $p = .009$, *einseitig getestet*; Summe der „maskulinen Items“: $r = -.23$, $p = .049$, *einseitig getestet*). Im Gegensatz dazu wurden keine Korrelationen zwischen den PSAI-Scores, der Summe der „femininen Items“ und der Summe der „maskulinen Items“ und dem 2D:4D der Jungen gefunden (PSAI-Score: $r = .06$, $p = .352$, *einseitig getestet*, siehe Abbildung 4; Summe der „femininen Items“: $r = -.02$, $p = .461$, *einseitig getestet*; Summe der „maskulinen Items“: $r = .07$, $p = .320$, *einseitig getestet*). Die Korrelationen zwischen PSAI-Scores und dem 2D:4D der Mädchen und der Jungen unterschieden sich signifikant voneinander (*Fisher's z* = 2.16, $p = .032$).

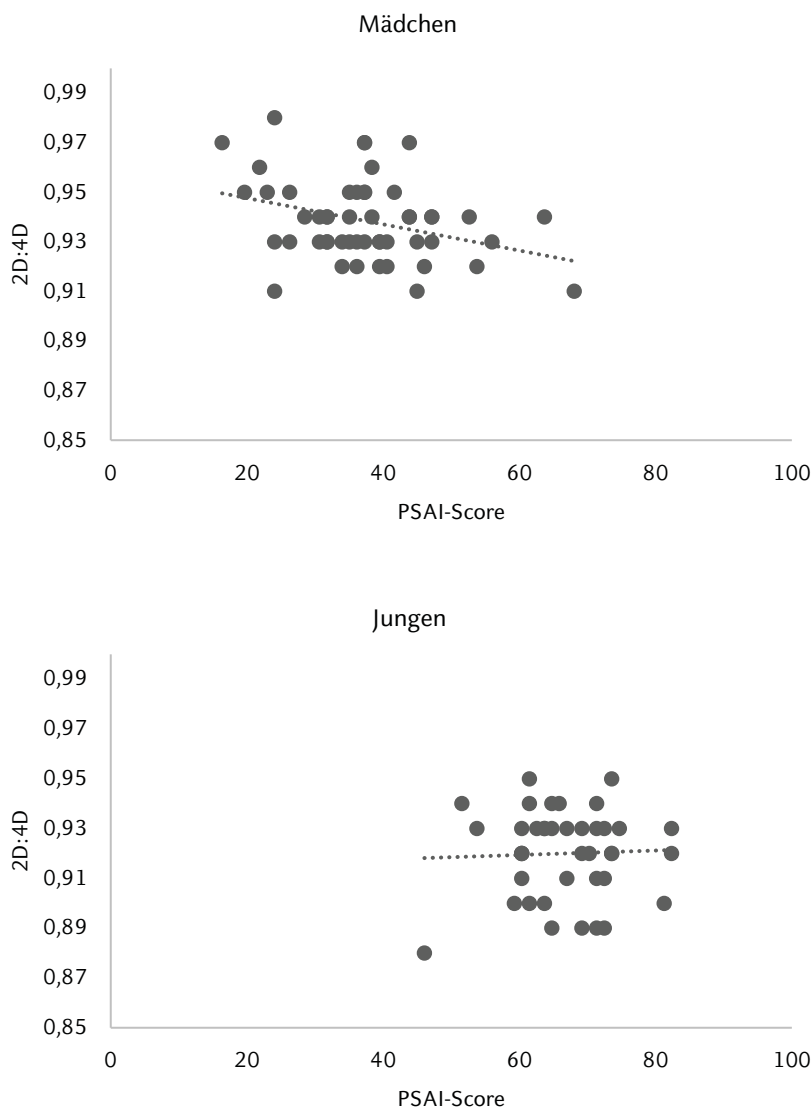


Abbildung 4. Zusammenhang zwischen PSAI-Score (geschlechtstypisches Spielverhalten) und 2D:4D für Mädchen (oben) und Jungen (unten). Höhere PSAI-Scores stehen für mehr typisch männliches Spielverhalten und kleinere 2D:4D für einen höheren pränatalen Testosteronspiegel.

7.3.5 Spielverhalten im Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen

Die Testosteronspiegel aus der Amnionflüssigkeit der Jungen waren signifikant höher als die der Mädchen (Jungen: $M = 0.10$ ng/ml, $SD = 0.08$ ng/ml; Mädchen: $M = 0.02$ ng/ml, $SD = 0.01$ ng/ml; $t(43.33) = 9.27$, $p < .001$, $d = 1.48$, ungleiche Varianzen), während es keine signifikanten Geschlechterunterschiede in den Östradiol- (Jungen: $M = 0.14$ ng/ml, $SD = 0.08$ ng/ml; Mädchen: $M = 0.15$ ng/ml, $SD = 0.08$ ng/ml; $t(91) = 0.13$, $p = .897$, $d = 0.13$) und Östriolspiegeln gab (Jungen: $M = 0.54$ ng/ml, $SD = 0.36$ ng/ml; Mädchen: $M = 0.63$ ng/ml, $SD = 0.33$ ng/ml; $t(89) = 1.57$, $p = .119$, $d = 0.26$). Die Testosteronspiegel der Mädchen konnten nicht für die weiterführenden statistischen Analysen genutzt werden, da 45 der 51 Testosteronwerte unter der Detektionsschwelle (0.02 ng/ml) und fünf zwischen der Detektions- und der Quantifizierungsschwelle (0.05 ng/ml) lagen. Für die Berechnung des Geschlechterunterschieds im Testosteronspiegel wurden die nicht bestimmbaren Werte der Mädchen durch den niedrigsten zu erfassenden Wert (0.02 ng/ml) ersetzt, was dazu führt, dass der wahre Geschlechterunterschied hier noch unterschätzt wird.

Im Hinblick auf den erwarteten Zusammenhang zwischen den PSAI-Scores und dem Testosteronspiegel aus der Amnionflüssigkeit sowie den explorativ untersuchten Zusammenhängen zwischen PSAI-Scores und Östradiol, Östriol und dem Verhältnis von Testosteron zu Östradiol zeigten sich keine signifikanten Korrelationen (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6

Pearson-Korrelationen zwischen PSAI-Scores und Sexualhormonen aus der Amnionflüssigkeit

	Testosteron		Östradiol		Östriol		Testosteron/Östradiol	
	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen
PSAI-Score	$r = -.12$ $p = .461$	n/a	$r = .07$ $p = .671$	$r = -.14$ $p = .329$	$r = -.07$ $p = .671$	$r = .01$ $p = .944$	$r = -.11$ $p = .482$	n/a

Notiz. Die Testosteronspiegel der Mädchen gingen nicht in die Analysen ein, da 50 der 51 Werte unter der Quantifizierungsschwelle (0.05 ng/ml) lagen.

7.3.6 Spielverhalten im Zusammenhang mit Geschlecht und Anzahl älterer Geschwister

Die Korrelationen zwischen den PSAI-Scores und der Anzahl der älteren Brüder und Schwestern (kombinierter Wert) zeigten für Jungen und Mädchen mittlere bis hohe Effektstärken in die erwartete Richtung: Je mehr ältere Brüder die Kinder hatten, desto maskuliner wurde ihr Spielverhalten beschrieben und je mehr ältere Schwestern sie hatten, desto femininer wurde ihr Spielverhalten beschrieben (Jungen: $r = -.37$, $p = .016$; Mädchen: $r = -.50$, $p < .001$; *Fisher's z* = -0.745, $p = .228$).

7.3.7 Einfluss des Fingerlängenverhältnisses und Geschlecht und Anzahl älterer Geschwister auf das Spielverhalten

Um zu untersuchen, ob das 2D:4D sowie das Geschlecht und die Anzahl älterer Geschwister unabhängige Varianzquellen in Bezug auf die Spielzeugpräferenz aufklären, wurden zusätzlich multiple

Regressionsanalysen durchgeführt. Dazu wurden die Prädiktoren mit der Methode „Einschluss“ in die Regressionsgleichung aufgenommen (siehe Tabelle 7). Für die Jungen zeigte sich analog zu den Korrelationsanalysen, dass nur *ältere Geschwister* ein signifikanter Prädiktor für den PSAI-Score war (siehe Tabelle 7). Bei den Mädchen zeigte sich hingegen, dass beide Prädiktoren einen signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung leisteten (siehe Tabelle 7). Anhand der partiellen Korrelationen ist zu erkennen, dass unter Herausparsialisierung des jeweils anderen Prädiktors die Korrelationen für *2D:4D* mit dem PSAI-Score und für *ältere Geschwister* mit dem PSAI-Score für die Mädchen signifikant wurden und damit unabhängige Varianzanteile an dem Spielverhalten aufklären (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7

Lineares Modell mit den Prädiktoren *2D:4D* und *ältere Geschwister* für das geschlechtstypische Spielverhalten (PSAI-Score).

Geschlecht	R^2	Prädiktoren	b	$SE\ b$	β	p	Partielle Korrelation
männlich	.14	<i>2D:4D</i>	17.52	66.16	.04	.793	.04
		<i>Geschwister</i>	-3.81	1.55	-.37	.019	-.37*
weiblich	.34	<i>2D:4D</i>	-202.29	78.91	-.31	.014	-.35*
		<i>Geschwister</i>	-4.18	1.12	-.45	<.001	-.48*

Notiz. In die multiplen Regressionsanalysen gingen das *2D:4D* und der kombinierte Wert aus älteren Brüdern und Schwestern als Prädiktoren mit der Methode „Einschluss“ ein. *Geschwister* = Anzahl älterer Brüder multipliziert mit -1 + Anzahl älterer Schwestern.

* $p < .05$

7.3.8 Zusammenhang von pränatalen Sexualhormonen aus der Amniozentese und dem Fingerlängenverhältnis (2D:4D)

Die Hypothese, dass ein höherer pränataler Testosteronspiegel aus der Amnionflüssigkeit mit einem kleineren *2D:4D* einhergehen sollte, konnte nicht bestätigt werden (siehe Tabelle 8). Ebenfalls zeigten die explorativ durchgeführten Korrelationen zwischen Östradiol, Östriol und dem Verhältnis aus Testosteron und Östradiol mit dem *2D:4D* keine signifikanten Zusammenhänge (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8

Pearson-Korrelationen zwischen *2D:4D* und Sexualhormonen aus der Amnionflüssigkeit

	Testosteron		Östradiol		Östriol		Testosteron/Östradiol	
	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen
<i>2D:4D</i>	$r = -.09$	n/a	$r = .01$	$r = -.14$	$r = -.02$	$r = -.01$	$r = -.08$	n/a
	$p = .560$		$p = .973$	$p = .338$	$p = .896$	$p = .961$	$p = .634$	

Notiz. Die Testosteronspiegel der Mädchen gingen nicht in die Analysen ein, da 50 der 51 Werte unter der Quantifizierungsschwelle (0.05 ng/ml) lagen.

7.3.9 Weiterführende Analysen

Geschlechterunterschiede im Fingerlängenverhältnis (2D:4D)

Um Geschlechterunterschiede im 2D:4D genauer zu untersuchen, wurden zusätzlich *t*-Tests für unabhängige Stichproben für jeden Messzeitpunkt und für rechte und linke Hände getrennt durchgeführt. In diese Analysen gingen die jeweils messbaren Handscans je Messzeitpunkt ein, sodass sich die Stichprobengrößen in den einzelnen *t*-Tests unterscheiden (Stichprobengrößen, Mittelwerte und Standardabweichung des 2D:4D aller messbaren Scans für Jungen und Mädchen für jeden Messzeitpunkt und beide Hände finden sich in Tabelle 9). Es zeigte sich, dass die Mädchen zu allen Messzeitpunkten für die rechte und linke Hand signifikant größere 2D:4D aufwiesen als die Jungen mit Ausnahme des dritten Messzeitpunktes (20 Monate), bei dem sich das 2D:4D an der linken Hand nicht signifikant zwischen Jungen und Mädchen unterschied (für die Ergebnisse der *t*-Tests siehe Tabelle 10).

Tabelle 9

Stichprobengröße, Mittelwerte und Standardabweichungen des 2D:4D für Jungen und Mädchen für jeden Messzeitpunkt und beide Hände (rechts, links)

Messzeitpunkt, Hand	<i>N</i>		<i>M</i>		<i>SD</i>	
	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen
5 Monate, rechts	71	65	.917	.943	.035	.034
5 Monate, links	70	85	.917	.932	.037	.030
9 Monate, rechts	56	49	.910	.942	.037	.033
9 Monate, links	68	60	.919	.937	.033	.034
20 Monate, rechts	51	51	.918	.936	.037	.031
20 Monate, links	50	50	.925	.931	.030	.029
40 Monate, rechts	56	65	.924	.943	.029	.027
40 Monate, links	60	67	.929	.950	.030	.032

Tabelle 10

Geschlechterunterschiede im 2D:4D für jeden Messzeitpunkt und beide Hände (rechts, links)

Messzeitpunkt, Hand	<i>t</i> (df)	<i>p</i>	Cohen's <i>d</i>
5 Monate, rechts	4.44 (134)	<.001***	0.76
5 Monate, links	2.94 (153)	.002**	0.48
9 Monate, rechts	4.59 (103)	<.001***	0.90
9 Monate, links	2.97 (126)	.002**	0.53
20 Monate, rechts	2.69 (100)	.004**	0.53
20 Monate, links	1.02 (98)	.157	0.20
40 Monate, rechts	3.63 (119)	<.001***	0.66
40 Monate, links	3.74(125)	<.001***	0.67

Notiz. Alle *t*-Tests werden entsprechend der gerichteten Hypothese eines Geschlechterunterschieds im 2D:4D (Mädchen > Jungen) einseitig berichtet.

** *p* < .01

*** *p* < .001

Spielverhalten im Zusammenhang mit dem Fingerlängenverhältnis (2D:4D)

Die Pearson-Korrelationen, um den Zusammenhang zwischen den PSAI-Scores und den Fingerlängenverhältnissen zu jedem einzelnen Messzeitpunkt getrennt nach Hand und Geschlecht weiterführend zu untersuchen, zeigten für die Mädchen zu jedem Messzeitpunkt für beide Hände, dass ein kleineres Fingerlängenverhältnis mit einem höheren PSAI-Score (mehr typisch maskulines Spielverhalten) einherging, mit Ausnahme eines nicht signifikanten Ergebnisses zum zweiten Messzeitpunkt (9 Monate) an der rechten Hand und eines marginal signifikanten Ergebnisses zum dritten Messzeitpunkt (20 Monate) an der rechten Hand (siehe Tabelle 11). Für die Jungen zeigten sich zu keinem Messzeitpunkt signifikante Korrelationen. Jedoch wurden die Korrelationen für die rechte und linke Hand zum vierten Messzeitpunkt (40 Monate) mit dem PSAI-Score auch für die Jungen marginal signifikant (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11

Pearson-Korrelationen zwischen PSAI-Scores und 2D:4D für jeden Messzeitpunkt und beide Hände (rechts, links) nach Geschlecht getrennt und Fisher's z-Tests, um auf Unterschiede zwischen den Korrelationen zu testen

	Jungen			Mädchen			Fisher's z-Test	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>N</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>N</i>	<i>z</i>	<i>p</i>
5 Monate, rechts	.08	.308	46	-.39	.005**	43	2.24	.013*
5 Monate, links	-.01	.481	47	-.34	.005**	56	1.69	.046*
9 Monate, rechts	.13	.225	37	.02	.448	37	0.46	.324
9 Monate, links	.14	.175	45	-.29	.029*	45	2.01	.022*
20 Monate, rechts	-.05	.382	36	-.21	.093†	43	0.69	.244
20 Monate, links	.15	.190	38	-.43	.002**	43	2.64	.004**
40 Monate, rechts	-.20	.069†	55	-.34	.003**	63	0.80	.212
40 Monate, links	-.20	.063†	58	-.27	.017*	64	0.40	.345

Notiz. Die Stichprobengrößen variieren in Abhängigkeit der Anzahl der jeweils messbaren Scans. Alle Korrelationen werden entsprechend der gerichteten Hypothese eines negativen Zusammenhangs einseitig berichtet.

† $p < .10$

* $p < .05$

** $p < .01$

7.4 Diskussion

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, den Einfluss von pränatalen Sexualhormonen auf das geschlechtsspezifische Spielverhalten bei Kindern im Alter von 40 Monaten zu untersuchen. Dazu wurden das Verhältnis zwischen Zeige- und Ringfinger (2D:4D) als Marker für den pränatalen Testosteronspiegel sowie der pränatale Testosteron-, Östradiol- und Östriolspiegel aus der Amnionflüssigkeit der Kinder verwendet. Eine Voraussetzung für die Annahme, dass das Spielverhalten durch pränatale Hormone beeinflusst werden könnte, ist das frühe Auftreten eines großen Geschlechterunterschieds in dem kritischen Verhalten (Cohen-Bendahan et al., 2005; Hines, 2010), der hier gezeigt werden konnte. Zudem muss das 2D:4D früh im Leben einen Geschlechterunterschied aufweisen, um überhaupt ein Marker für den pränatalen Testosteronspiegel sein zu können (Manning et al., 1998). Die vorliegende Studie zeigte einen großen Geschlechterunterschied im 2D:4D (Cohen's $d = 1.10$), der sogar den typi-

schen Bereich ($d = 0.09$ und 0.61), der in den Studien einer Metaanalyse (Hönekopp & Watson, 2010) zu finden war, übersteigt. Dieser Befund verdeutlicht die Wichtigkeit einer reliablen Messung des 2D:4D, die durch das Längsschnittdesign mit acht unabhängigen 2D:4D-Messungen pro Kind (vier an der rechten und vier an der linken Hand) erreicht werden konnte. Die mittlere Effektstärke der acht individuellen Vergleiche des 2D:4D zwischen Jungen und Mädchen zu jedem Messzeitpunkt für beide Hände getrennt betrug Cohen's $d = 0.62$ (Bereich zwischen $d = 0.20$ und $d = 0.90$) und ist damit mit der Studie von Wong und Hines (2016) vergleichbar.

Ferner sollte das 2D:4D eine hohe zeitliche Stabilität aufweisen, wenn es maßgeblich durch pränatales Testosteron beeinflusst wird. Das Längsschnittdesign der vorliegenden Studie bietet hier die seltene Gelegenheit, die Stabilität vom Säuglingsalter bis in die frühe Kindheit zu untersuchen. Bisher haben nur zwei vorherige Studien das 2D:4D im Längsschnittdesign mit mehr als zwei Messzeitpunkten und einem Beginn im Säuglingsalter erfasst (Knickmeyer et al., 2011; McIntyre et al., 2005). Wie in anderen Längsschnittstudien zeigten sich zufriedenstellende bis gute Intraklassenkorrelationen zwischen den Messzeitpunkten und der gefundene Geschlechterunterschied zeigte sich unabhängig vom Messzeitpunkt (McIntyre et al., 2006; McIntyre et al., 2005; Trivers et al., 2006; Wong & Hines, 2016), was für die Stabilität des Geschlechterunterschieds im 2D:4D in der frühen Kindheit spricht. Nichtsdestotrotz zeigte das 2D:4D wie auch in vorherigen Studien einen signifikanten Anstieg in der Größe über die Messzeitpunkte (McIntyre et al., 2006; McIntyre et al., 2005; Trivers et al., 2006; Wong & Hines, 2016), dahingehend, dass das 2D:4D in der vorliegenden Studie zu Messzeitpunkt 4 (40 Monate) signifikant größer ausfiel als zu Messzeitpunkt 3 (20 Monate), während es keine signifikanten Unterschiede zwischen den ersten drei Messzeitpunkten gab. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte im Weichteilgewebe der Finger liegen (für einen Überblick siehe Wallen, 2009), das sich zwischen Babys und Kindern infolge unterschiedlicher Körperfettanteile unterscheidet. Der Körperfettanteil nimmt zwischen der Geburt und einem Alter von neun Monaten zu und fällt dann bis zu einem Alter von drei Jahren auf das Niveau von Erwachsenen (Kuzawa, 1998). Das Scannen von Händen mit „Babyspeck“ könnte so in Abhängigkeit von der Stärke, mit der die Hand auf den Scanner gedrückt wird, zu unterschiedlichen Verteilungen des Weichteilgewebes auf dem Scanner führen, während das Scannen ab einem Alter von drei Jahren zu einer valideren Messung führen könnte, was die Zunahme des 2D:4D zwischen den Messzeitpunkten im Alter von 20 und 40 Monaten erklären könnte.

Unter den notwendigen Voraussetzungen eines großen Geschlechterunterschieds im Spielverhalten sowie im 2D:4D, der sich im Säuglingsalter und der frühen Kindheit als stabil erwies, konnten vorherige Studien repliziert werden (Hönekopp & Thierfelder, 2009; Mitsui et al., 2016; Wong & Hines, 2016) und ein mittlerer Zusammenhang zwischen dem geschlechtsspezifischen Spielverhalten und dem 2D:4D für Mädchen gezeigt werden. Dieser Befund spricht für die Annahme, dass das 2D:4D ein Marker für den pränatalen Testosteronspiegel ist und das geschlechtstypische Spielverhalten teilweise durch pränatales Testosteron beeinflusst wird, welches organisierende Wirkung auf das Gehirn hat. Im Gegensatz zu vorherigen Studien (Hönekopp & Thierfelder, 2009; Mitsui et al., 2016; Wong & Hines, 2016) konnte die erwartete Korrelation jedoch nur für die Mädchen und nicht für die Jungen gezeigt werden. Eine mögliche Erklärung könnte sein, dass das geschlechtstypische Spielverhalten nur bis zu einem Schwellenwert durch den pränatalen Testosteronspiegel (hier gemessen mit dem 2D:4D) beeinflusst wird und darüber hinaus Testosteron keinen weiteren linearen Zusammenhang mehr mit dem Spielverhalten aufweist (Cohen-Bendahan et al., 2005). Dass Jungen pränatal viel höheren Testosteronspiegeln ausgesetzt sind als Mädchen, könnte also dazu geführt haben, dass die Korrelation für

die Jungen nicht signifikant wurde (Hines, Golombok, et al., 2002). Eine weitere Erklärung könnte in der unterschiedlichen Sozialisation von Jungen und Mädchen liegen. Jungen werden im Allgemeinen stärker zu geschlechtstypischem Verhalten an- und von geschlechtsuntypischem Verhalten abgehalten als es bei Mädchen der Fall ist (Fagot, 1978; Langlois & Downs, 1980; Pasterski et al., 2005). Dazu passend zeigten bisherige Studien, dass der Geschlechterunterschied im Spielverhalten zwar über die Kindheit anhält, die Präferenz der Jungen für typisch maskulines Spielverhalten jedoch mit dem Alter zunimmt, während die der Mädchen für typisch feminines Spielverhalten zugunsten einer steigenden Präferenz für typisch maskuline Spielzeuge abnimmt (Servin et al., 1999; Todd et al., 2016). Aus diesem Grund könnte ein potentieller Einfluss pränataler Sexualhormone durch einen stärkeren sozialen Einfluss auf Jungen im Vergleich zu Mädchen verdeckt werden (Hines, Golombok, et al., 2002).

Der angenommene positive Zusammenhang zwischen dem Testosteronspiegel in der Amnionflüssigkeit und dem geschlechtstypischen Spielverhalten (gemessen mit dem PSAI-Score) konnte nicht bestätigt werden. Dies steht im Einklang mit den Studien von van de Beek et al. (2009) und Knickmeyer, Wheelwright, et al. (2005), die ebenfalls keine Korrelationen finden konnten. Eine weitere Studie hingegen fand einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Testosteronspiegel aus Amniozenteseproben und den PSAI-Scores der Kinder, der bei den Mädchen stärker ausgeprägt war als bei den Jungen (Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor, Hackett, et al., 2009). Vergleicht man die vorliegende Studie mit dieser Studie, fällt auf, dass sich die mittlere Schwangerschaftswoche, in der die Amniozentese durchgeführt wurde, zwischen den Stichproben unterscheidet. Die Mütter in der Studie von Auyeung und Kollegen (2009) unterzogen sich den Amniozenteseuntersuchungen signifikant später in der Schwangerschaft ($M = 16.31$ Wochen, $SD = 1.88$ Wochen; Bereich: 11. Woche - 21. Woche) als die Mütter der vorliegenden Stichprobe ($M = 14.84$ Wochen, $SD = 0.91$ Wochen; Bereich: 14. Woche - 18. Woche; $t(303) = 7.18$, $p < .001$). Obwohl mehrere Studien keine signifikanten Unterschiede im Testosteronspiegel in der Amnionflüssigkeit in Abhängigkeit des Gestationsalters im zweiten Trimester der Schwangerschaft fanden, in dem die Amniozentese normalerweise durchgeführt wird (Judd et al., 1976; Rodeck et al., 1985; Sarkar, Bergman, Fisk, O'Connor & Glover, 2007), zeigten einige Studien einen deskriptiven Anstieg im Testosteronspiegel der männlichen Föten mit dem Gestationsalter (Robinson et al., 1977; Warne et al., 1977; Zondek, Mansfield & Zondek, 1977), der seinen Peak normalerweise um die 17. Schwangerschaftswoche zeigt (Judd et al., 1976; Robinson et al., 1977). Dies wirft die Frage auf, ob die Fruchtwasserproben der vorliegenden Stichprobe zu früh während der Schwangerschaft entnommen wurden, um eine Korrelation mit dem geschlechtsspezifischen Spielverhalten zu finden. Die organisierenden Effekte des pränatalen Testosterons auf die für das geschlechtsspezifische Spielverhalten verantwortlichen Gehirnbereiche treten möglicherweise erst später während der Schwangerschaft auf (Cohen-Bendahan et al., 2005). Aus ethischen Gründen werden Amniozentesen ausschließlich im Rahmen einer medizinischen Untersuchung bei einem Verdacht auf Anomalien des Fötus durchgeführt, sodass von wissenschaftlicher Seite kein Einfluss auf den Zeitpunkt der Amniozenteseuntersuchungen genommen werden kann. Auch wenn die pränatale Phase, in der sich der Testosteronspiegel am stärksten zwischen männlichen und weiblichen Föten unterscheidet, sehr wahrscheinlich eine sensitive Phase darstellt, in der Testosteron einen starken Einfluss auf das sich entwickelnde Gehirn nimmt, existieren Hinweise auf mehrere sensitive Phasen während der Schwangerschaft, in denen unterschiedliche Gehirnbereiche und damit unterschiedliche Verhaltensweisen durch Testosteron beeinflusst werden (Knickmeyer, Wheelwright, et al., 2005; Meredith, 2015; L. L. Smith & Hines, 2000). Dies könnte auch eine Erklärung für die erwartete, aber nicht signifikante Korre-

lation zwischen dem Testosteron aus der Amnionflüssigkeit und dem 2D:4D sein. Bei der Mehrheit der abgetriebenen Föten zweier Studien (Galis et al., 2010; Malas et al., 2006), die bereits pränatal ein größeres Fingerlängenverhältnis für Mädchen als für Jungen zeigen konnten, wurde das Verhältnis im zweiten und dritten Trimester der Schwangerschaft gemessen und damit im Mittel später, als bei der vorliegenden Studie der Testosteronspiegel im Fruchtwasser erfasst wurde. Auch in der einen Studie, die einen Zusammenhang zwischen dem Fruchtwasser-Testosteron und dem 2D:4D bei Mädchen zeigen konnte (Ventura et al., 2013), wurden die Amniozenteseuntersuchungen im Mittel später ($M = 17.20$ Wochen; Bereich: Woche 15.70 - 23.60) durchgeführt als bei den Müttern der vorliegenden Stichprobe ($M = 14.84$ Wochen; Bereich: Woche 14 - 18; $t(191) = 10.42$, $p < .001$). Überraschenderweise finden sich nur zwei Studien, in denen das 2D:4D mit dem pränatalen Testosteronspiegel aus dem Fruchtwasser korreliert wurde. Eine fand keinen Zusammenhang (Lutchmaya et al., 2004), während die andere den Zusammenhang ausschließlich für die Mädchen (Ventura et al., 2013) zeigen konnte, für die in der vorliegenden Untersuchung die Testosteronwerte nicht auswertbar waren.

In Bezug auf die pränatalen Östradiol- und Östriolspiegel, die ebenfalls im Fruchtwasser der Kinder gemessen wurden, und auf das Verhältnis von Fruchtwasser-Testosteron zu Östradiol konnten weder Zusammenhänge mit dem geschlechtsspezifischen Spielverhalten noch mit dem 2D:4D gezeigt werden. Bezüglich eines Zusammenhangs des Spielverhaltens und des 2D:4D mit dem Östradiol und Östriol bestanden keine Hypothesen, da wenig über die organisierende Wirkweise von Östrogenen auf das Gehirn bekannt ist. Zudem ist die Quelle des pränatalen Östradiols noch nicht abschließend geklärt (siehe Abschnitt 5.2.1). Im Gegensatz zu Studien, die einen kleinen Geschlechterunterschied im Östradiol zeigen konnten (große Überschneidung zwischen männlichen und weiblichen Föten; Robinson et al., 1977; van de Beek et al., 2004), gab es in der vorliegenden Studie keine signifikanten Geschlechterunterschiede im Fruchtwasser-Östradiol, was sehr wahrscheinlich dem Umstand geschuldet ist, dass die Amniozenteseuntersuchungen in einem Zeitraum stattfanden, in dem die Ovarien noch kein Östradiol produzieren (Geschlechterunterschiede im Östradiol um die 18. Schwangerschaftswoche; Robinson et al., 1977).

Neben dem Einfluss pränataler Sexualhormone auf das geschlechtsspezifische Spielverhalten, der durch die nun wiederholt gezeigte Korrelation zwischen dem 2D:4D und dem Spielverhalten (zumindest für Mädchen) nahegelegt wird, scheint die Sozialisation Geschlechterunterschiede im Verhalten zu einem größeren Anteil zu beeinflussen (Berenbaum et al., 2011). In diesem Zusammenhang konnten für die vorliegende Stichprobe mittlere bis hohe Effektstärken für den Zusammenhang von älteren Brüdern und Schwestern und dem geschlechtsspezifischen Spielverhalten gezeigt werden. Die Eltern beschrieben das Verhalten ihrer Kinder als maskuliner, je mehr ältere Brüder und je weniger ältere Schwestern sie hatten, beziehungsweise femininer, je mehr ältere Schwestern und weniger ältere Brüder sie hatten. Dies entspricht den Befunden vorheriger Studien (Hines, Johnston, et al., 2002; Mitsui et al., 2016; Rust et al., 2000). Auch wenn sich im Falle leiblicher, älterer Geschwister der soziale Einfluss nicht von einem möglichen biologischen Einfluss (genetische Verwandtschaft) trennen lässt, ist der soziale Einfluss durch Modelllernen von den älteren Geschwistern unumstritten (für einen Überblick siehe Berenbaum et al., 2011; Rust et al., 2000) und gibt hier einen Hinweis auf die starke Wirkung von Umweltfaktoren bei der Entstehung von geschlechtstypischen Verhaltensweisen. Zusätzlich konnte mithilfe einer multiplen Regressionsanalyse und Partialkorrelationen gezeigt werden, dass das 2D:4D und die Anzahl älterer Brüder und Schwestern voneinander unabhängige Varianzanteile an der geschlechtstypischen Spielzeugpräferenz bei Mädchen aufklären.

Fazit Studie A

Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, den Einfluss von pränatalen Sexualhormonen auf das geschlechtsspezifische Spielverhalten zu untersuchen. So konnte wie in einer weiteren aktuellen Studie (Wong & Hines, 2016) gezeigt werden, dass das Spielverhalten von Mädchen mit kleineren 2D:4D von ihren Eltern als maskuliner beschrieben wird, was auf einen pränatalen Testosteroneinfluss auf die entsprechenden Gehirnbereiche, die später an der Entstehung von geschlechtsspezifischem Spielverhalten beteiligt sind, schließen lässt. Allerdings konnte, vermutlich aufgrund des frühen Zeitpunkts der Amniozentese in der vorliegenden Stichprobe, kein Zusammenhang zwischen dem Fruchtwasser-Testosteron und dem geschlechtstypischen Spielverhalten gefunden werden. Aus demselben Grund wäre auch denkbar, dass zum Zeitpunkt der Amniozentese nicht der Testosteronspiegel gemessen wurde, der von dem postnatal gemessenen 2D:4D abgebildet wird. Mehrere sensitive Phasen in der Schwangerschaft, in denen Testosteron auf das Gehirn wirkt, müssen hier in Betracht gezogen werden.

Ein entscheidender Vorteil der vorliegenden Studie ist ihr Längsschnittdesign mit vier Messzeitpunkten vom Säuglingsalter bis ins frühe Kindesalter, das eine mehrfache Messung des 2D:4D möglich machte und so zu einer Messung mit hohem Signal-Rausch-Verhältnis führte und die Aufdeckung eines großen Geschlechterunterschieds im 2D:4D möglich machte. Dies ist eine Grundvoraussetzung für Studien zu Zusammenhängen zwischen dem 2D:4D und geschlechtsspezifischem Verhalten.

Auch die gezeigte Unabhängigkeit der Effekte von pränatalen Hormoneinflüssen (2D:4D) und Sozialisationseinflüssen (Anzahl älterer Brüder und Schwestern) bei Mädchen betont einmal mehr die Wichtigkeit, sowohl Anlage als auch Umwelt bei der Untersuchung von Geschlechterunterschieden in Betracht zu ziehen (Berenbaum et al., 2011; Hines, Golombok, et al., 2002).

8 Geschlechterunterschiede in der Selbstkontrolle bei 40 Monate alten Kindern und der Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen (Studie B)

8.1 Theoretischer Hintergrund

Selbstkontrolle zu zeigen und eine sofortige Belohnung zugunsten einer größeren Belohnung in der Zukunft aufzuschieben, ist in jedem Lebensalter eine Herausforderung. Interessant ist, dass sich die Fähigkeit, Selbstkontrolle zu zeigen, indem man einem verlockenden Impuls zugunsten der Erfüllung von langfristigen Zielen widersteht, schon früh im Leben entwickelt und sich entscheidend auf die Leistungen im späteren Leben auszuwirken scheint. So konnte die Fähigkeit zur Selbstkontrolle im Vorschulalter einen besseren Bildungsstand, ein besseres Selbstwertgefühl sowie höhere mentale und physische Gesundheit im Erwachsenenalter vorhersagen (für einen Überblick siehe Mischel et al., 2011). Um Selbstkontrolle bei Kindern zu untersuchen, entwickelten Mischel und Ebbsen (1970) eine Belohnungsaufschubaufgabe (*Delay of gratification task*). In diesem umgangssprachlich als „Marshmallow-Test“ bezeichneten Verfahren haben Kinder die Wahl zwischen einer sofortigen kleineren oder weniger präferierten Belohnung (z.B. einem Marshmallow) und einer späteren größeren oder präferierten Belohnung (z.B. zwei Marshmallows). Der signifikante Zusammenhang zwischen der Zeit, die Kinder in diesem Test auf die bevorzugte Belohnung warten, und der Bewertung ihrer Fähigkeit zur Selbstkontrolle durch Eltern und Erzieher/innen spricht für die Validität des Tests zur Messung von Selbstkontrolle (Duckworth, Tsukayama & Kirby, 2013).

8.1.1 Geschlechterunterschiede in der Fähigkeit zur Selbstkontrolle

Eine Metaanalyse über 33 Studien, die die Fähigkeit zum Belohnungsaufschub bei Kindern untersuchte, zeigte, dass Mädchen erfolgreicher Belohnungen aufschieben können als Jungen. Der Effekt war größer, wenn kontinuierliche (Zeitmessung) anstelle von dichotomen (verzögerte Belohnung gewählt/nicht gewählt) Maßen verwendet wurden (Silverman, 2003). Silverman (2003) weist darauf hin, dass der Geschlechterunterschied im Belohnungsaufschub recht klein zu sein scheint und daher mit kleinen Stichproben und dichotomen Maßen schwieriger zu entdecken ist. In Übereinstimmung mit der besseren Leistung von Mädchen in Belohnungsaufschubaufgaben im Vergleich zu Jungen, berichteten 2.135 befragte Eltern bessere Selbstkontrollfähigkeiten bei ihren 3- bis 6-jährigen Töchtern im Vergleich mit Söhnen in einem standardisierten Fragebogen (Tao et al., 2014).

Diese Befunde passen gut zu der Beobachtung, dass mehr Jungen als Mädchen die Diagnose Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS; Ramtekkar, Reiersen, Todorov & Todd, 2010) erfüllen. Impulsives Verhalten als Gegenteil von selbstkontrolliertem Verhalten (Duckworth & Steinberg, 2015) ist eines der DSM-5-Hauptdiagnosekriterien für ADHS und ist unter anderem durch Belohnungsaufschub-Impulsivität gekennzeichnet, die als Wahl einer kleineren, kurzfristigen Belohnung gegenüber einer größeren, späteren Belohnung definiert ist (Patros et al., 2016). Folgerichtig unterscheiden sich Kinder mit der Diagnose ADHS von gesunden Kindern in ihrer Fähigkeit, Belohnungen aufzuschieben (für eine Metaanalyse siehe Patros et al., 2016) und die Einschätzungen von Eltern be-

züglich Aufmerksamkeitsproblemen und hyperaktivem Verhalten ihrer Kinder mithilfe von Fragebögen korrelierten negativ mit der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub (Duckworth et al., 2013; Paloyelis, Asherson & Kuntsi, 2009).

Geschlechterunterschiede in der Fähigkeit zur Selbstkontrolle scheinen zudem dazu geeignet, die Geschlechterunterschiede in Schulnoten teilweise zu erklären. Mädchen erreichen bessere Noten in den Hauptfächern als Jungen, unterscheiden sich jedoch nicht im Intelligenzquotienten von den Jungen sondern in Maßen der Selbstkontrolle (Duckworth & Seligman, 2006; Duckworth et al., 2015; Matthews, Ponitz & Morrison, 2009; M. Weis, Heikamp & Trommsdorff, 2013).

Laut einer evolutionären Erklärung entstanden die beobachteten Geschlechterunterschiede in der Selbstkontrolle aufgrund eines unterschiedlichen Selektionsdrucks auf männliche und weibliche Hominiden (Bjorklund & Kipp, 1996; Hosseini-Kamkar & Morton, 2014). Da weibliche Individuen im Vergleich mit männlichen nur wenige Gameten haben, müssen sie selektiver in ihrer Partnerwahl sein und mehr Zeit in die Aufzucht der Nachkommen investieren. Daher ist es für sie wichtig, die eigenen Bedürfnisse zugunsten der Bedürfnisbefriedigung ihrer Nachkommen aufschieben zu können. Im Gegensatz dazu ist die beste Strategie für männliche Individuen sich mit so vielen Weibchen wie möglich zu paaren, um möglichst viele Nachkommen zu zeugen (Bjorklund & Kipp, 1996; Hosseini-Kamkar & Morton, 2014). Diese Theorie legt den Schluss nahe, dass soziale Einflüsse nicht die einzigen Gründe für die beobachteten Geschlechterunterschiede in der Selbstkontrolle sein können.

8.1.2 Selbstkontrolle im Zusammenhang mit Sexualhormonen

Ein mögliches biologisches Korrelat für Geschlechterunterschiede in der Fähigkeit zur Selbstkontrolle sind Sexualhormone. In Bezug auf die aktivierende Wirkung von Sexualhormonen (siehe Abschnitt 5.2.1) konnte so zum Beispiel gezeigt werden, dass Frauen dazu neigen, weniger impulsiv zu handeln und mehr Selbstkontrolle zu zeigen, wenn sie sich in der fruchtbaren Phase ihres Menstruationszyklus befanden (Diekhof, 2015; Dreher et al., 2007; Kaighobadi & Stevens, 2013; C. T. Smith, Sierra, Oppler & Boettiger, 2014).

Organisierende Effekte von Sexualhormonen, die früh in der Entwicklung auf die neuronalen Strukturen wirken und so indirekte Effekte auf das Verhalten nehmen können (siehe Abschnitt 5.2.1), sind in Bezug auf Geschlechterunterschiede in der Selbstkontrolle in der frühen Kindheit jedoch die wahrscheinlichere Einflussgröße, da sich die zirkulierenden Sexualhormone vor der Pubertät zwischen Jungen und Mädchen kaum unterscheiden (siehe Abschnitt 5.2.1). Die Hypothese, dass die organisierende Wirkung von Sexualhormonen eine Rolle bei der Entstehung der Selbstkontrollfähigkeiten spielt, wird durch eine Studie an Ratten gestützt, die zeigen konnte, dass männliche Ratten in einer Belohnungsaufschubaufgabe typischerweise mehr impulsive Wahlen trafen als die Weibchen, diese Verhaltensunterschiede aber verschwanden, wenn den weiblichen Ratten kurz nach der Geburt Testosteron injiziert wurde (Bayless et al., 2013). In Bezug auf das 2D:4D, als Marker für den pränatalen Testosteronspiegel (siehe Abschnitt 5.3.1), zeigte eine Studie an Vorschülern, dass Kinder, die nicht dazu in der Lage waren, auf eine verzögerte größere Belohnung zu warten, ein kleineres 2D:4D und damit mutmaßlich einen höheren pränatalen Testosteronspiegel aufwiesen (Da Silva et al., 2014). Übereinstimmend berichteten die Autoren einer Studie mit Erwachsenen, dass Frauen mit einem kleineren 2D:4D an der rechten Hand eher kurzfristige, kleinere Belohnungen anstelle von in der Zukunft liegenden größeren Belohnungen wählten (Lucas & Koff, 2010). Darüber hinaus hingen erhöhte Hyperaktivitäts-

symptome, die negativ mit der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub korrelieren (Duckworth et al., 2013; Paloyelis et al., 2009), mit einem geringeren 2D:4D von Vorschülerinnen (Williams et al., 2003) und einem geringeren 2D:4D von Jungen im Schulalter (Fink, Manning, Williams & Podmore-Nappin, 2007) zusammen. Ebenso wiesen ADHS-Patienten kleinere 2D:4D als gesunde Kontrollprobanden auf (Martel et al., 2008; McFadden et al., 2005; Stevenson et al., 2007).

Bis heute gibt es jedoch keine Studie, die den organisierenden Sexualhormoneinfluss auf die Fähigkeit zur Selbstkontrolle mit einem direkten Maß beim Menschen untersuchte. Auch ist die Forschungslage in Bezug auf das 2D:4D im Zusammenhang mit der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub im Kindesalter mit nur einer Studie dünn.

8.1.3 Ableitung der Fragestellung

Die vorliegende Studie soll daher erstmalig den Zusammenhang von pränatalem Testosteron aus dem Fruchtwasser und der Fähigkeit zur Selbstkontrolle an Vorschulkindern im Alter von 40 Monaten untersuchen. Auch der Zusammenhang zwischen der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub und dem 2D:4D, der bei Vorschulkindern bereits in einer Studie mit einem dichotomen Maß (gewartet/nicht gewartet) und nur über beide Geschlechter hinweg ausgewertet gezeigt werden konnte (Da Silva et al., 2014), sollte in der vorliegenden Studie mit einem kontinuierlichen Maß (Zeitmessung in der Belohnungsaufschubaufgabe) und nach Geschlecht getrennter Auswertung erneut untersucht werden. Dazu wurde eine modifizierte Version der Belohnungsaufschubaufgabe von Mischel und Ebbesen (1970) genutzt. Darüber hinaus bearbeitete der begleitende Elternteil die *Preschool and Kindergarten Behavior Scales-II* (PKBS-II; Al Awmleh & Woll, 2013), welche die für die vorliegende Studie relevante Skala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* enthielt, da bereits Zusammenhänge zwischen der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub und den berichteten Aufmerksamkeitsproblemen/dem hyperaktiven Verhalten der Kinder durch die Eltern gezeigt werden konnten (Duckworth et al., 2013; Paloyelis et al., 2009). Zur Bestimmung des pränatalen Sexualhormonspiegels wurden die Amniozenteseproben der Mütter hinsichtlich des Testosteron-, Östradiol- und Östriolspiegels ausgewertet und das 2D:4D an beiden Händen der Kinder zu jedem Messzeitpunkt der Längsschnittstudie (Alter der Kinder: 5, 9, 20 und 40 Monate) erfasst.

8.1.4 Hypothesen

Es wurde ein Geschlechterunterschied in der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub zugunsten der Mädchen sowie ein Geschlechterunterschied im Ausmaß der von den Eltern berichteten Aufmerksamkeitsprobleme/dem hyperaktiven Verhalten der Kinder dahingehend, dass Jungen dieses Problemverhalten ausgeprägter zeigen sollten, erwartet. Zudem wurde in Bezug auf die bisherige Forschung angenommen, dass die Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe negativ mit den berichteten Aufmerksamkeitsproblemen/dem hyperaktiven Verhalten zusammenhängen würde. Basierend auf der Evidenz eines organisierenden Einflusses von Testosteroninjektionen auf die Fähigkeit zur Selbstkontrolle bei Ratten sowie Studien an Vorschülern und Erwachsenen, die das 2D:4D als Marker für den pränatalen Testosteronspiegel nutzten, wurde angenommen, dass ein höherer pränataler Fruchtwasser-Testosteronspiegel beziehungsweise ein kleineres 2D:4D mit einer geringeren Wartezeit in der Belo-

hungsaufschubsaufgabe und mit mehr Aufmerksamkeitsproblemen/hyperaktivem Verhalten der Kinder zusammenhängen würden.

8.2 Methode

8.2.1 Stichprobe

Die Rekrutierung der Stichprobe für die Längsschnittstudie mit dem Titel „Kognitive Entwicklung und Sexualhormone im Säuglings- und Kindesalter“ mit dem Ziel, Geschlechterunterschiede im Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen zu untersuchen, ist in Abschnitt 7.2.1 ausführlich beschrieben.

An dem für die vorliegende Studie relevanten vierten Messzeitpunkt nahmen 159 Kinder (78 Mädchen, 81 Jungen) im Alter von 40.14 Monaten ($SD = 0.50$ Monate) teil. Achtzehn Jungen und 18 Mädchen mussten von der Datenanalyse ausgeschlossen werden, da sie nicht an der Aufgabe zum Belohnungsaufschub teilnehmen wollten oder die Instruktionen der Aufgabe nicht verstanden. Zwei unabhängige Beurteilerinnen, die die Hypothesen der Studie sowie die Wartezeit der Kinder in der Belohnungsaufschubaufgabe nicht kannten, bewerteten das Verständnis der Kinder für die Instruktionen der Aufgabe. Die finale Stichprobe, deren Daten in die Analyse der Geschlechterunterschiede im Belohnungsaufschub eingingen, bestand aus 60 Mädchen (mittleres Alter: 40.15 Monate, $SD = 0.63$ Monate) und 63 Jungen (mittleres Alter: 40.17 Monate, $SD = 0.42$ Monate). Bei der Auswertung der Fragebogendaten fehlen die Angaben eines Mädchens, da der begleitende Elternteil die *Preschool and Kindergarten Behavior Scales-II* (PKBS-II; Al Awmleh & Woll, 2013) nicht ausfüllte. Zudem fehlten drei Fruchtwasserproben (von einem Jungen und zwei Mädchen) in Folge einer inkorrekten Probenverarbeitung. Da die Längsschnittstudie, wie in Abschnitt 7.2.1 beschrieben, einen Drop-Out von Probanden aufweist und nicht jeder Handscan sauber messbar war, liegen nicht für jedes Kind acht 2D:4D-Messungen vor. In die Auswertung des Zusammenhangs der Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe beziehungsweise des Summenscores der PKBS-II-Skala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* mit dem Mittelwert des 2D:4D über die vier Messzeitpunkte (jeweils rechte und linke Hand) gehen daher nur Daten von 33 Jungen und 41 Mädchen ein.

8.2.2 Material und Durchführung

Belohnungsaufschubaufgabe

Der vierte Messzeitpunkt (Alter der Kinder: 40 Monate) fand in zwei verbundenen Räumen der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf statt. Jede Untersuchungssitzung wurde von zwei Versuchsleiterinnen durchgeführt. Eine der beiden führte alle Studienteile mit dem Kind in einem der Räume durch, während die zweite Versuchsleiterin den begleitenden Elternteil im angrenzenden Raum instruierte. Der Raum, in dem sich das Kind während der Studie aufhielt, war mit zwei Kameras (Logitech HD Pro Webcam C920) ausgestattet, mit denen die gesamte Sitzung aufgezeichnet wurde. Im Verlauf der Untersuchungssitzung wurden die Kinder gebeten, sechs verschiedene, einzeln verpackte Snacks in eine Präferenzreihenfolge zu bringen. Dabei handelte es sich um einen Keks, einen kleinen Madeleine-Kuchen, einen Traubenzucker-Lutscher, einen kleinen Erdbeer-Joghurt, ein Stück Goudakäse und eine

Snack-Salami, die in zufälliger Reihenfolge vor das Kind auf den Tisch gelegt wurden. Das Kind wurde daraufhin gefragt, welchen Snack es am liebsten essen würde, wenn es sich nur einen aussuchen dürfte. Die erste Wahl wurde dann aus dem Sichtfeld des Kindes entfernt und mit den übrigen Snacks genauso verfahren. Für die abgewandelte Belohnungsaufschubaufgabe (Mischel & Ebbesen, 1970) wurden die erste und die dritte Wahl des Kindes genutzt. Für 49.2% der Mädchen und 47.5% der Jungen war der Traubenzucker-Lutscher der präferierte Snack (siehe Tabelle 12 für die Häufigkeiten der gewählten Snacks, die in der Belohnungsaufschubaufgabe verwendet wurden).

Tabelle 12

Häufigkeiten (in %) der gewählten Snacks in der Belohnungsaufschubaufgabe

		Jungen	Mädchen
Erste Wahl	Lutscher	47.5 %	49.2 %
	Keks	16.9 %	13.6 %
	Joghurt	16.9 %	8.5 %
	Kuchen	6.8 %	15.3 %
	Käse	6.8 %	1.7 %
	Salami	5.1 %	11.9 %
Dritte Wahl	Kuchen	35.6 %	14.0 %
	Keks	27.1 %	26.3 %
	Salami	15.3 %	14.0 %
	Käse	10.2 %	21.1 %
	Lutscher	6.8 %	10.5 %
	Joghurt	5.1 %	14.0 %

Die Versuchsleiterin saß mit dem Kind an einem Kindertisch und erklärte ihm, dass sie gleich in den angrenzenden Raum, in dem sich auch die Begleitperson aufhielt, gehen werde und das Kind die Wahl habe, solange auf die präferierte Belohnung zu warten, bis die Versuchsleiterin von selbst zurückkomme oder die Wartezeit abubrechen, indem es eine Tischklingel betätigen würde. Das Klingeln würde die Versuchsleiterin sofort zurückholen, allerdings würde das Kind dann nur den an dritter Stelle gewählten Snack erhalten. Die Klingel durfte daraufhin von dem Kind ausprobiert werden, um zu verdeutlichen, dass die Klingel laut genug war, um im angrenzenden Labor, in dem sich die Versuchsleiterin während der Wartezeit aufhielt, gehört zu werden und die Wartezeit nicht durch den Reiz, die Klingel probeweise zu betätigen, zu beeinflussen. Das Kind durfte während der Wartezeit nicht aufstehen oder die Snacks, die während der Wartezeit vor ihm liegen blieben, auspacken. Nachdem die Versuchsleiterin die Instruktionen gegeben hatte, stellte sie dem Kind drei „Quizfragen“, um das Verständnis der Instruktionen sicherzustellen – „Wo bin ich, während Du hier wartest?“, „Was musst Du tun, um Deinen liebsten Snack zu erhalten?“ und „Was musst Du tun, wenn Du nicht mehr länger warten möchtest?“. Wenn das Kind dazu in der Lage war, alle drei Fragen korrekt zu beantworten, verließ die Versuchsleiterin das Labor und ging in den benachbarten Raum, in dem die zweite Versuchsleiterin die Kameras überwachte und die Zeitmessung startete. Wenn das Kind die Fragen nicht richtig beantworten konnte, wurden die Instruktionen so lange wiederholt, bis das Kind die Regeln verstand, oder die Aufgabe wurde abgebrochen. Das Kind wusste nicht, dass die maximale Zeit, bis die Versuchsleiterin zurückkehren würde, acht Minuten betragen würde. Die Aufgabe endete, wenn das Kind vor Ablauf der

Zeit die Klingel betätigte oder nach Ablauf der acht Minuten. In beiden Fällen kehrte die Versuchsleiterin in das Labor zurück, um dem Kind die jeweilige Belohnung auszuhändigen. Die gesamte Aufgabe wurde von den Versuchsleiterinnen im angrenzenden Labor überwacht, sodass die Versuchsleiterin bei Regelbrüchen (z.B. Aufstehen) sofort intervenieren konnte. Bei einem Regelbruch wurde das Kind verwahrt, an die Regeln erinnert und gefragt, ob es noch weiter warten möchte (die Zeitmessung wurde dafür unterbrochen). Wenn dies der Fall war, wurde die Aufgabe fortgesetzt, ansonsten wurde an dieser Stelle abgebrochen. Bei einem zweiten Regelbruch wurde die Aufgabe beendet und die bis dahin verstrichene Wartezeit notiert. Anhand der Videoaufzeichnung konnte zudem im Nachhinein das Verständnis der Instruktionen evaluiert werden.

Fremdurteil Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten

Im Rahmen des vierten Messzeitpunktes wurde der begleitende Elternteil gebeten, die deutsche Version der *Preschool and Kindergarten Behavior Scales-II* (PKBS-II; siehe Anhang B; Al Awmleh & Woll, 2013; Merrell, 2002), programmiert mit der Software *Presentation* (Neurobehavioral Systems, USA), an einem Laptop auszufüllen. Die PKBS-II sind ein Instrument zur Beurteilung von sozialen Kompetenzen und Problemverhalten von Kindern im Alter von drei bis sechs Jahren (Merrell, 2002), die sie mit den zwei Hauptskalen *Soziale Fertigkeiten* (34 Items) und *Problemverhalten* (42 Items) erfasst. Die Hauptskalen unterteilen sich in die Subskalen *Soziale Kooperation*, *Soziale Interaktion* und *Soziale Unabhängigkeit* beziehungsweise *Egozentrisch/Aufbrausend*, *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* und *Antisozial/Aggressiv*. Alle Items werden auf einer Vier-Punkte-Skala von 0 (*nie*), über 1 (*selten*) und 2 (*manchmal*) bis 3 (*oft*) bewertet. Die deutsche Fragebogenversion weist für die beiden Hauptskalen hohe interne Konsistenzen (*Soziale Fertigkeiten*: $\alpha = .96$, *Problemverhalten*: $\alpha = .94$) sowie eine gute Test-Retest-Reliabilität (*Soziale Fertigkeiten*: $r = .61$, *Problemverhalten*: $r = .81$) über einen Zeitraum von drei Monaten auf (Al Awmleh & Woll, 2013). Für die englische Version konnte zudem eine gute Konstruktvalidität ermittelt werden (Jentsch & Merrell, 1996). Für die vorliegende Studie wurde die Subskala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* (acht Items) hinsichtlich Geschlechterunterschieden sowie ihrem Zusammenhang mit dem Belohnungsaufschub und den pränatalen Sexualhormonen aus der Amniozentese beziehungsweise dem 2D:4D analysiert, da vorherige Studien eine Korrelation zwischen Aufmerksamkeitsproblemen und hyperaktivem Verhalten mit der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub (Duckworth et al., 2013; Paloyelis et al., 2009) und einen Zusammenhang zwischen ADHS-Symptomen und dem 2D:4D zeigen konnten (Fink et al., 2007; Martel et al., 2008; McFadden et al., 2005; Stevenson et al., 2007; Williams et al., 2003). Die anderen Fragebogen-Skalen spielen für die vorliegende Untersuchung keine Rollen und wurden im Rahmen anderer Fragestellungen der Längsschnittstudie ausgewertet.

Auswertung der Sexualhormone und Fingerlängenverhältnisse

Die Auswertung der Amniozenteseproben hinsichtlich der Sexualhormonspiegel entspricht dem beschriebenen Ablauf in Abschnitt 7.2.2, da es sich um dieselbe Stichprobe handelt. Die Messung und Beurteilung des Fingerlängenverhältnisses zwischen Zeige- und Ringfinger (2D:4D) entspricht dem in Abschnitt 7.2.2 beschriebenen Vorgehen.

8.2.3 Untersuchungsdesign

Um zu überprüfen, ob Mädchen länger auf die bevorzugte Belohnung warten können als Jungen, wurde das Geschlecht als unabhängige Variable und die Wartezeit der Kinder bis zum Klingeln oder bis die Versuchsleiterin nach acht Minuten zu dem Kind zurückkehrte als abhängige Variable genutzt. Für die Überprüfung der Hypothese, dass Jungen mehr Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten zeigen, wurde das Geschlecht als unabhängige Variable und der Summenwert der von den Eltern ausgefüllten Skala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* der PKBS-II (Al Awmleh & Woll, 2013; Merrell, 2002) als abhängige Variable verwendet.

Die Hypothesen bezüglich eines Zusammenhangs zwischen der Fähigkeit zur Selbstkontrolle und dem pränatalen Sexualhormonspiegel wurden mit korrelativen Designs untersucht. Hier wurde die Fähigkeit zur Selbstkontrolle über die Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe beziehungsweise den Summenwert der Fragebogenskala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* operationalisiert und mit den pränatalen Testosteron-, Östradiol- und Östriolspiegeln aus den Fruchtwasserproben sowie dem 2D:4D, als Marker für den pränatalen Testosteronspiegel, korreliert. Der erwartete negative Zusammenhang zwischen der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub (Wartezeit) und den von den Eltern berichteten Aufmerksamkeitsproblemen und dem hyperaktiven Verhalten (PKBS-II-Skala) wurde ebenfalls mit einem korrelativen Design untersucht.

8.2.4 Statistische Auswertung

Geschlechterunterschiede in der Wartezeit bei der Belohnungsaufschubaufgabe sowie den Summenwerten der PKBS-II-Skala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* wurden mit *t*-Tests für unabhängige Stichproben untersucht. Um die Geschlechterunterschiede in der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub weiterführend zu prüfen, wurde außerdem ein Chi-Quadrat-Test verwendet, um auf Unterschiede in der Anzahl der Jungen und Mädchen, die die maximale Zeit (acht Minuten) auf die präferierte Belohnung warteten, zu testen. Der Zusammenhang zwischen der Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe und den von den Eltern berichteten Aufmerksamkeitsproblemen/dem hyperaktiven Verhalten der Kinder wurde mit einer Pearson-Korrelation überprüft.

Geschlechterunterschiede in den pränatalen Testosteron-, Östradiol- und Östriolspiegeln aus der Amnionflüssigkeit wurden mit *t*-Tests für unabhängige Stichproben bestimmt. Um Zusammenhänge der Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe und den berichteten Aufmerksamkeitsproblemen/dem hyperaktiven Verhalten mit dem pränatalen Testosteron- sowie Östradiol- und Östriolspiegel aus den Amniozenteseproben bzw. dem 2D:4D zu untersuchen, wurden Pearson-Korrelationen verwendet.³ Da die Hormonwerte nicht normalverteilt waren, wurde für die statistischen Analysen die Quadratwurzel aus den Fruchtwasserhormonen gezogen, um die Verteilung einer Normalverteilung anzunähern. Für die Korrelationen mit dem 2D:4D wurde entsprechend den Ergebnissen der oben beschriebenen Studie A der gegenüber den einzelnen Messungen reliablere Mittelwert der insgesamt acht 2D:4D-Messungen über die vier Messzeitpunkte (jeweils rechte und linke Hand) verwendet. Fehlende 2D:4D-Werte wurden dabei, wie oben beschrieben (Abschnitt 7.2.2), ersetzt.

³ Der erwartete Zusammenhang zwischen Fruchtwasser-Testosteron und 2D:4D wurde bereits in Studie A untersucht und wurde nicht signifikant (siehe Abschnitt 7.3).

8.3 Ergebnisse

8.3.1 Geschlechterunterschiede in der Selbstkontrolle

Wie erwartet, waren Mädchen ($M = 374.35$ Sekunden; $SD = 163.95$ Sekunden) in der Lage signifikant länger zu warten als Jungen ($M = 297.29$ Sekunden; $SD = 204.63$ Sekunden), um ihre präferierte Belohnung zu erhalten ($t(117.60) = 2.31, p = .012$, *einseitig getestet*, ungleiche Varianzen, $d = 0.42$; siehe Abbildung 5) und mehr Mädchen (63.3%) als Jungen (44.4%) warteten die maximale Zeitspanne von acht Minuten (480 Sekunden) auf ihre präferierte Belohnung ($\chi^2(1) = 4.41, p = .018$, *einseitig getestet*, $d = 0.39$; siehe Abbildung 6).

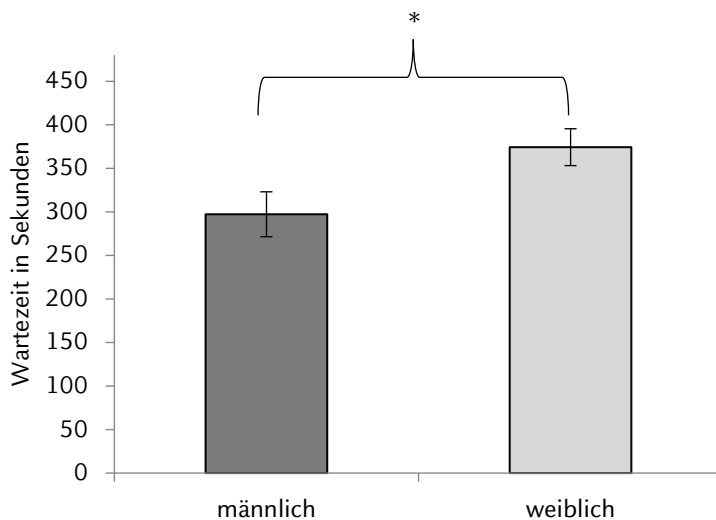


Abbildung 5. Mittlere Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe in Sekunden für Jungen und Mädchen (Maximum: 480 Sekunden). Die Fehlerbalken bilden die Standardfehler des Mittelwerts ab.

* $p < .05$

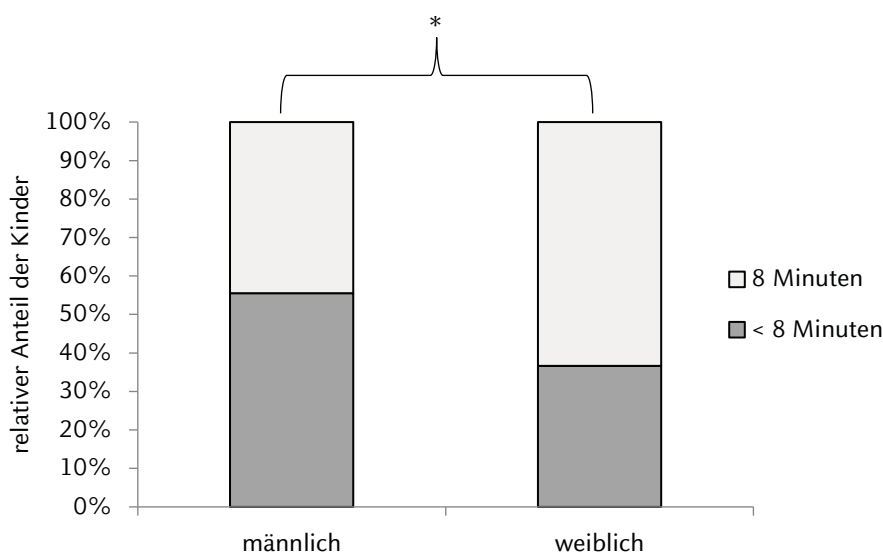


Abbildung 6. Anteil der Kinder, die die maximale Zeit (acht Minuten) in der Belohnungsaufschubaufgabe warteten oder die Aufgabe vorher abbrachen, nach Geschlecht getrennt.

* $p < .05$

Die Antworten der Eltern auf der PKBS-II-Skala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* offenbarten einen statistischen Trend, der auf mehr Aufmerksamkeitsprobleme und hyperaktives Verhalten bei den Jungen als bei den Mädchen hindeutet (Jungen: $M = 18.40$, $SD = 3.46$; Mädchen: $M = 17.37$, $SD = 3.61$; $t(120) = 1.60$, $p = .056$, *einseitig getestet*, $d = 0.29$).

8.3.2 Zusammenhang zwischen der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub und Aufmerksamkeitsproblemen/hyperaktivem Verhalten im Fremdbereich

Für die Jungen zeigte sich, wie erwartet, dass mehr berichtete Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten mit einer kürzeren Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe einhergingen ($r = -.33$, $p = .004$, *einseitig getestet*), während sich dieser Zusammenhang für die Mädchen nicht zeigte ($r = -.02$, $p = .455$, *einseitig getestet*; Fisher's $z = -1.74$, $p = .080$).

8.3.3 Selbstkontrolle im Zusammenhang mit pränatalen Sexualhormonen

Bezüglich der pränatalen Hormonspiegel der Kinder, die an der Belohnungsaufschubaufgabe teilnahmen, waren die Testosteronspiegel aus der Amnionflüssigkeit der Jungen signifikant höher als die der Mädchen (Jungen: $M = 0.10$ ng/ml, $SD = 0.07$ ng/ml; Mädchen: $M = 0.02$ ng/ml, $SD = 0.01$ ng/ml; $t(69.55) = 12.74$, $p < .001$, $d = 1.58$, ungleiche Varianzen), während die Östriolspiegel der Mädchen signifikant höher ausfielen als die der Jungen (Jungen: $M = 0.52$ ng/ml, $SD = 0.37$ ng/ml; Mädchen: $M = 0.61$ ng/ml, $SD = 0.34$ ng/ml; $t(118) = 2.01$, $p = .047$, $d = 0.34$). Es gab jedoch keinen signifikanten Geschlechterunterschied in den Östradiolspiegeln (Jungen: $M = 0.15$ ng/ml, $SD = 0.09$ ng/ml; Mädchen: $M = 0.15$ ng/ml, $SD = 0.08$ ng/ml; $t(118) = 0.23$, $p = .818$, $d < 0.001$). Wie bereits in Abschnitt 7.3.5 beschrieben, konnten die Testosteronspiegel der Mädchen nicht für die weiterführenden statistischen Analysen genutzt werden, da 49 der 58 Testosteronwerte unter der Detektionsschwelle (0.02 ng/ml) und acht zwischen der Detektions- und der Quantifizierungsschwelle (0.05 ng/ml) lagen. Für den t -Test auf Geschlechterunterschiede im Testosteronspiegel wurden die fehlenden Werte der Mädchen durch den geringsten zu bestimmenden Wert (0.02 ng/ml) ersetzt, sodass der Geschlechterunterschied hier noch unterschätzt wird.

In Übereinstimmung mit der Hypothese eines negativen Zusammenhangs zwischen dem pränatalen Testosteronspiegel und der Fähigkeit zur Selbstkontrolle zeigte sich, dass die Jungen mit einem höheren Fruchtwasser-Testosteronspiegel kürzer in der Belohnungsaufschubaufgabe warteten (siehe Tabelle 13) sowie im Fremdbereich der Eltern (PKBS-II) mehr Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten aufwiesen (siehe Tabelle 13). Betrachtet man den pränatalen Östradiol- sowie Östriolspiegel, zeigten sich weder mit der Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe noch mit dem Summenwert der Fragebogenskala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* signifikante Korrelationen (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13

Pearson-Korrelationen zwischen der Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe bzw. dem Summenscore in der PKBS-II-Skala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* und den Sexualhormonen aus der Amnionflüssigkeit

	Testosteron		Östradiol		Östriol	
	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen	Jungen	Mädchen
Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe	$r = -.23^*$ $p = .040$	n/a	$r = -.02$ $p = .890$	$r = .08$ $p = .562$	$r = .02$ $p = .908$	$r = .23$ $p = .086$
Summenscore auf der Skala <i>Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten</i>	$r = .26^*$ $p = .021$	n/a	$r = -.01$ $p = .957$	$r = .134$ $p = .321$	$r = -.08$ $p = .542$	$r = -.12$ $p = .356$

Notiz. Die Testosteronspiegel der Mädchen gingen nicht in die Analysen ein, da 57 der 58 Werte unter der Quantifizierungsschwelle (0.05 ng/ml) lagen. Die Korrelationen mit dem pränatalen Testosteronspiegel wurden entsprechend der gerichteten Hypothesen einseitig getestet.

* $p < .05$

8.3.4 Selbstkontrolle im Zusammenhang mit dem Fingerlängenverhältnis (2D:4D)

Der Mittelwert aus den acht Werten des 2D:4D über die vier Messzeitpunkte (jeweils rechte und linke Hand), der einen großen Geschlechterunterschied aufweist (Jungen: $M = .92$, $SD = .02$; Mädchen: $M = .94$, $SD = .02$; $t(72) = 5.16$, $p < .001$, $d = 1.00$), korrelierte weder für Jungen noch für Mädchen mit der Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe und auch nicht mit dem Summenscore der PKBS-II-Skala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* (siehe Tabelle 14).

Tabelle 14

Pearson-Korrelationen zwischen der Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe bzw. dem Summenscore in der PKBS-II-Skala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* und dem Mittelwert des 2D:4D über die vier Messzeitpunkte

	Mittelwert 2D:4D	
	Jungen (N=34)	Mädchen (N=41)
Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe	$r = .23$ $p = .199$	$r = -.19$ $p = .246$
Summenscore auf der Skala <i>Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten</i>	$r = -.21$ $p = .242$	$r = -.14$ $p = .378$

Notiz. Die kleineren Stichprobengrößen als bei der Auswertung der Selbstkontrolle im Zusammenhang mit den Fruchtwasserhormonen kommen dadurch zustande, dass nicht für jedes Kind, das an der Belohnungsaufschubaufgabe teilgenommen hat, aufgrund von Drop-out über die vier Messzeitpunkte, alle acht 2D:4D-Werte der vier Messzeitpunkte vorlagen.

8.4 Diskussion

Studie B hatte zum Ziel, erstmalig den Einfluss pränataler Sexualhormone auf die Selbstkontrolle bei 40 Monate alten Kindern zu untersuchen. Dabei wurde ein Zusammenhang zwischen der Fähigkeit zur Selbstkontrolle (operationalisiert durch eine Belohnungsaufschubaufgabe und einen Elternfragebogen zu Aufmerksamkeitsproblemen/hyperaktivem Verhalten) und den pränatalen Testosteronwerten aus der Amnionflüssigkeit sowie dem 2D:4D erwartet.

Entsprechend der Hypothese eines Geschlechterunterschieds in der Selbstkontrolle konnte gezeigt werden, dass die Mädchen die Jungen in ihrer Fähigkeit zum Belohnungsaufschub übertrafen. Die Mädchen warteten länger auf ihre präferierte Belohnung und mehr Mädchen als Jungen warteten die maximale Zeit, bis die Versuchsleiterin von selbst zurück ins Labor kam, um ihre präferierte Belohnung zu bekommen. Diese Befunde passen zu den Ergebnissen der Metaanalyse von Silverman (2003), die einen signifikanten Geschlechtereffekt zugunsten der Mädchen finden konnte. Im Gegensatz zu Studien, die keinen Geschlechterunterschied im Belohnungsaufschub zeigen konnten, wies die vorliegende Studie eine größere Stichprobe auf. Außerdem wurde die Präferenz der Kinder für die größere Belohnung maximiert, indem die individuellen Präferenzen für sechs verschiedene Snacks erfasst wurden, von denen dann zwei für die Belohnungsaufschubaufgabe genutzt wurden. In vielen vorherigen Studien hatten die Kinder lediglich die Wahl zwischen zwei verschiedenen Belohnungen – einer sofortigen kleinen oder weniger präferierten oder einer größeren, verzögerten oder präferierten Belohnung (z.B. Mischel & Ebbesen, 1970; Mischel, Ebbesen & Raskoff Zeiss, 1972). Diese Herangehensweise hat den Nachteil, dass individuelle Unterschiede im Geschmack die Wartezeit in der Aufgabe massiv beeinflussen können. Warum sollte ein Kind auf zwei Marshmallows warten, wenn es generell keine Marshmallows mag? Indem die Kinder ihren präferierten Snack aus einer Auswahl von verschiedenen Snacks wählen können, wird die Versuchung erhöht, auf den präferierten, individuell bevorzugten Snack zu warten, anstatt die weniger präferierte Alternative zu wählen (Duckworth et al., 2013). Außerdem kann so auch interindividuelle Varianz in der Präferenz für die verzögerte Belohnung reduziert werden. Der Umstand, dass mehr Mädchen als Jungen die maximale Zeitspanne von acht Minuten warteten (und damit einen Deckeneffekt in der Wartezeit hervorriefen), legt die Vermutung nahe, dass der „echte“ Geschlechterunterschied in der Wartezeit sogar noch größer sein könnte.

Dass eine kürzere Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe mit einer höheren Einschätzung der Eltern auf der PKBS-II-Skala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* für die Jungen einherging, unterstreicht die Validität der Belohnungsaufschubaufgabe für die Messung von Selbstkontrolle und entspricht vorherigen Studienergebnissen (Duckworth et al., 2013; Paloyelis et al., 2009). Dass der Zusammenhang für die Mädchen nicht signifikant wurde, könnte durch die eingeschränkte Varianz in der Wartezeit der Mädchen im Vergleich mit der Wartezeit der Jungen hervorgerufen worden sein. Während 63% der Mädchen in der Belohnungsaufschubaufgabe die maximale Zeit warteten, waren nur 44% der Jungen dazu in der Lage, acht Minuten auf ihre präferierte Belohnung zu warten.

Der zentrale Befund der vorliegenden Studie ist der erwartete, aber bisher in dieser Form noch nicht gezeigte Zusammenhang zwischen der Selbstkontrolle und dem Fruchtwasser-Testosteron. Beide Maße der Selbstkontrolle, die Wartezeit in der Belohnungsaufschubaufgabe und die Einschätzung der Eltern bezüglich der Aufmerksamkeitsprobleme/des hyperaktiven Verhaltens der Kinder, korrelierten für die Jungen signifikant mit dem pränatalen Testosteronspiegel aus der Amnionflüssigkeit. Damit kann die vorliegende Studie erstmalig zeigen, dass Jungen, die pränatal einem höheren Testosteron-

spiegel ausgesetzt waren (direkte Messung im Fruchtwasser), im Alter von drei Jahren weniger gute Fähigkeiten zum Belohnungsaufschub haben und ihre Aufmerksamkeitsprobleme/ihr hyperaktives Verhalten von ihren Eltern als ausgeprägter eingeschätzt werden. Dieser Befund spricht für organisierende Effekte des pränatalen Testosterons auf das neuronale Netzwerk, dem die Selbstkontrolle unterliegt. Dieses Netzwerk besteht aus drei Kernbereichen – dem präfrontalen Kortex, der Amygdala und dem ventralen Striatum (Casey, 2015; Luerssen, Gyurak, Ayduk, Wendelken & Bunge, 2015). In diesem Zusammenhang scheinen die frontostriatalen Bahnen in der weißen Substanz eine wichtige Rolle zu spielen. Es konnte gezeigt werden, dass sie sich schnell im Verlauf der Kindheit entwickeln und die Reifung der frontostriatalen Konnektivität spezifische Varianz in der Fähigkeit zum Belohnungsaufschub aufklären konnte (Achterberg, Peper, van Duijvenvoorde, Mandl & Crone, 2016). Auch im Erwachsenenalter konnte eine niedrigere Integrität der frontostriatalen Bahnen in der weißen Substanz ein stärkeres Diskontieren (stärkere Abwertung von zukünftigen, größeren zugunsten von sofortigen, kleineren Belohnungen) im *Delay-Discounting-Test* (Kirby & Marakovic, 1996) bei männlichen und weiblichen Probanden vorhersagen (Peper et al., 2013). Im Hinblick auf den Einfluss von Sexualhormonen weist der Orbitofrontalkortex eine hohe Dichte an Östrogen- und Androgenrezeptoren auf und ist bei Frauen größer als bei Männern (Fattore & Melis, 2016; Goldstein et al., 2001; Lombardo et al., 2012), was auf einen starken Einfluss von Sexualhormonen in dieser Region hinweist. Interessant in diesem Zusammenhang ist auch, dass Frauen, die an einer kompletten Androgenresistenz leiden und damit genetisch männlich (46,XY Karyotype) sind, aber aufgrund der Androgenresistenz einen weiblichen Phänotyp zeigen, eine typisch weibliche Mikrostruktur der weißen Substanz (van Hemmen et al., 2016) sowie eine stärkere funktionale Konnektivität zwischen Amygdala und medialem Präfrontalkortex (sie entsprechen weiblichen Kontrollprobanden) im Vergleich mit 46,XY Männern aufweisen (Savic, Frisen, Manzouri, Nordenstrom & Lindén Hirschberg, 2017). Zudem konnte eine Studie, die den pränatalen Testosteronspiegel aus der Amnionflüssigkeit mit dem Volumen verschiedener Hirnstrukturen bei Jungen im Alter von 8 bis 11 Jahren in Verbindung brachte, zeigen, dass das Volumen der grauen Substanz des posterioren lateralen Orbitofrontalkortex negativ mit dem pränatalen Testosteronspiegel zusammenhing und bei einer weiblichen Vergleichsstichprobe größer war als bei den Jungen (Lombardo et al., 2012). Basierend auf diesen Befunden scheint es plausibel, anzunehmen, dass pränatales Testosteron auf die erwähnten Gehirnstrukturen im Zusammenhang mit der Selbstkontrolle wirkt.

In Bezug auf mögliche Korrelationen mit dem pränatalen Östradiol und Östriol aus den Amnionzenteseproben zeigten sich keine signifikanten Ergebnisse. Die Gründe, warum ein Zusammenhang mit dem pränatalen Östradiol und Östriol eher unwahrscheinlich war, sind bereits in der Diskussion der oben beschriebenen Studie A (Abschnitt 7.4) genannt, da sich auch in dieser Studie keine Zusammenhänge mit dem pränatalen Östradiol- und Östriolspiegel zeigten.

Im Hinblick auf das 2D:4D zeigten sich keine Zusammenhänge mit der Selbstkontrolle für Jungen und für Mädchen. Dies widerspricht einer Studie, in der Vorschüler mit einem kleineren 2D:4D weniger häufig auf eine Belohnung warteten als Kinder mit einem größeren 2D:4D (Da Silva et al., 2014). Allerdings wurde in der Studie ein dichotomes statt eines kontinuierlichen Maßes für die Fähigkeit zum Belohnungsaufschub verwendet sowie der Zusammenhang mit dem 2D:4D nicht nach Geschlecht getrennt ausgewertet. Aus diesem Grund müssen die Ergebnisse der Studie von Da Silva et al. (2014) äußerst kritisch beurteilt werden, da unter Umständen allein die Tatsache, dass beide Maße (Belohnungsaufschub und 2D:4D) Geschlechterunterschiede aufweisen, bei einer korrelativen Auswertung, die nicht nach Geschlecht getrennt erfolgt, zu einem signifikanten Zusammenhang führen kann (Breedlove, 2010). So kann in der Tat, dank der online zur Verfügung gestellten Daten von Da Silva et

al. (2014), nachvollzogen werden, dass ein Geschlechterunterschied in beiden Maßen besteht, und die Punkt-biseriale Korrelation nur signifikant wird, wenn die Stichprobe nicht nach Jungen und Mädchen aufgeteilt wird.

Die nicht signifikanten Zusammenhänge zwischen dem 2D:4D und den Antworten der Eltern auf der Fragebogenskala zu Aufmerksamkeitsproblemen und hyperaktivem Verhalten für Jungen und Mädchen widersprechen Studien, die signifikante Zusammenhänge für Vorschülerinnen und männliche und weibliche Schulkinder zeigen konnten (Fink et al., 2007; Williams et al., 2003). Diese beiden Studien nutzten jeweils den *Strengths and Difficulties Questionnaire* (Goodman, 1997), der mit fünf Items Hyperaktivität erfasst. Eventuell könnten hier die verschiedenen Fragebögen zu unterschiedlichen Ergebnissen geführt haben. Hinzukommt, dass es in der vorliegenden Studie über die vier Messzeitpunkte zu einem Drop-out einiger Kinder kam, sodass für die Korrelationsanalysen zwischen der Selbstkontrollmaße und dem Mittelwert aus den acht 2D:4D-Werten der vier Messzeitpunkte, die Stichproben dezimiert waren, was sich auf die Ergebnisse von Korrelationsanalysen besonders stark auswirken kann (Schönbrodt & Perugini, 2013).⁴

Fazit Studie B

Die vorliegende Studie ist die erste Studie, die einen Zusammenhang zwischen dem pränatalen Testosteron aus Amniozenteseproben und der Selbstkontrolle bei 40 Monate alten Jungen zeigen kann. Die vorliegenden Befunde erweitern damit unser Wissen über die organisierenden Effekte von pränatalem Testosteron auf das neuronale Netzwerk, das den Selbstkontrollfähigkeiten unterliegt. Bisher konnten in diesem Bereich lediglich überzeugende Hinweise in einer Studie an Ratten gefunden werden (Bayless et al., 2013). Außerdem sind die Befunde von praktischer Relevanz, um die Geschlechterunterschiede im Auftreten von ADHS zu erklären, einer Erkrankung, die unter anderem Impulsivität im Wahlverhalten bedingt (Patros et al., 2016) und vor der Pubertät und damit vor dem Einsetzen einer aktivierenden Wirkung von Sexualhormonen auftritt (ICD-10 sowie DSM-V Kriterium: frühes Auftreten der Symptome vor einem Alter von sieben Jahren; APA, 2013; WHO, 1992). Weiterführend haben die Ergebnisse praktische Implikationen in Bezug auf das Verständnis von Geschlechterunterschieden beim Substanzmissbrauch, der ebenfalls mit einer schlechteren Selbstkontrolle einhergeht. Während die aktivierende Wirkung von Sexualhormonen auf den Substanzmissbrauch bereits untersucht wurde (für Überblicksarbeiten siehe Becker & Hu, 2008; Fattore & Melis, 2016), ist bisher wenig über eine potentielle pränatale Vulnerabilität für eine schlechtere Selbstkontrolle, bedingt durch eine hohe pränatale Testosteronkonzentration im Mutterleib, bekannt. Damit trägt die vorliegende Studie zu einem umfassenderen Verständnis einer Interaktion von organisierenden und aktivierenden Effekten von Sexualhormonen auf die Selbstkontrollfähigkeiten bei.

⁴ Der nicht signifikante Zusammenhang zwischen dem Fruchtwasser-Testosteron und dem 2D:4D wurde bereits ausführlich in Studie A diskutiert (siehe Abschnitt 7.4).

9 Allgemeine Diskussion

Die beiden dieser Arbeit zugrundeliegenden Untersuchungen leisten einen entscheidenden Beitrag zu der bisherigen Forschungslage in Bezug auf den Einfluss pränataler Hormone auf Verhaltensmaße in der frühen Kindheit. Bisherige Studien, die Amniozenteseuntersuchungen nutzten, um pränatale Sexualhormonspiegel mit Geschlechterunterschieden im kindlichen Verhalten und Präferenzen in Verbindung zu bringen, stammen zum großen Teil aus einer Arbeitsgruppe, weisen teilweise sehr kleine Stichproben auf (siehe Abschnitt 5.3.2; Auyeung et al., 2012; Finegan et al., 1992; Grimshaw et al., 1995; Knickmeyer, Baron-Cohen, et al., 2005; Knickmeyer, Wheelwright, et al., 2005; Lutchmaya et al., 2004) und liefern inkonsistente Ergebnisse. Dieser Umstand macht weitere unabhängige Untersuchungen notwendig, die aufgrund der Schwierigkeit, eine solche Stichprobe zu rekrutieren, da Amniozenteseuntersuchungen nur noch selten zum Einsatz kommen (siehe Abschnitt 5.3.1) und des aufwändigen Längsschnittstudiendesigns, selten sind. Auch das Fingerlängenverhältnis von Zeige- zu Ringfinger, als Maß für den pränatalen Testosteronspiegel, wird zwar viel häufiger genutzt, da es leicht zu erfassen ist, bedarf aber gerade im Kindesalter einer sehr reliablen Messung. Die Reliabilität lässt sich hier durch mehrere Messungen zu verschiedenen Zeitpunkten und eine Mittelung über diese Messungen erhöhen, was aber wiederum einen höheren Aufwand bedeutet und bisher selten gemacht wurde. Zudem ist der Zusammenhang zwischen den beiden Maßen – Sexualhormone aus dem Fruchtwasser und 2D:4D – nur in zwei veröffentlichten Studien untersucht worden. Daher wurde für die vorliegenden Studien eine vergleichsweise große Stichprobe rekrutiert, bei der pränatal die Fruchtwasser-Hormonspiegel bestimmt wurden, und das 2D:4D reliabler unter Verwendung eines Längsschnittdesigns erfasst, was entscheidend ist, da Korrelationen mit Verhaltensmaßen nur bei entsprechend hoher Reliabilität der Einzelmaße zu erwarten sind.

Studie A der vorliegenden Arbeit konnte mithilfe des Längsschnittdesigns zeigen, dass das 2D:4D über das Säuglings- bis ins frühe Kindesalter relativ stabil bleibt, bei einer reliablen Messung einen großen Geschlechterunterschied aufweist und wie in Vorstudien mit dem von den Eltern berichteten geschlechtsspezifischen Spielverhalten (zumindest für Mädchen) zusammenhängt. Darüber hinaus zeigte sich, dass neben dem 2D:4D auch die Anzahl und das Geschlecht älterer Geschwister einen unabhängigen Einfluss auf die Entwicklung des geschlechtstypischen Spielverhalten hat. Der pränatale Testosteronspiegel aus der Amnionflüssigkeit zeigte keinen Zusammenhang mit dem geschlechtstypischen Spielverhalten.

Studie B zeigte, dass Jungen weniger Selbstkontrolle (gemessen mit einer Belohnungsaufschubaufgabe und im Fremdbereich durch die Eltern) zeigen als Mädchen und innerhalb der Gruppe der Jungen ein höherer pränataler Fruchtwasser-Testosteronspiegel mit weniger Selbstkontrolle zusammenhängt. Der Zusammenhang spiegelte sich jedoch nicht im 2D:4D wider.

Die auf den ersten Blick inkonsistenten Befunde der beiden Studien, in denen das 2D:4D bei Mädchen mit dem Spielverhalten, aber nicht mit der Selbstkontrolle, und der Fruchtwasser-Testosteronspiegel nicht mit dem Spielverhalten, aber mit der Selbstkontrolle der Jungen zusammenhängt, könnte durch die Besonderheiten der beiden Maße sowie unterschiedliche kritische Phasen für die organisierende Wirkung von Sexualhormonen während der Schwangerschaft erklärt werden. Während die Ermittlung des Testosteronspiegels im Fruchtwasser den deutlichen Vorteil hat, dass es sich um eine direktere Messmethode handelt, birgt sie den Nachteil, dass es sich um eine einmalige Messung handelt, die aufgrund des Risikos für den Fötus nur im Falle eines Verdachts auf Chromosomen-

schäden durchgeführt wird (siehe Abschnitt 5.3.1). Das führt dazu, dass intraindividuelle Schwankungen im Testosteronspiegel im Verlauf der Schwangerschaft aber auch im tageszeitlichen Verlauf nicht ermittelt werden können. Die Amniozentese findet zwar normalerweise in einem Zeitraum statt, in dem die größten Geschlechterunterschiede im Testosteronspiegel messbar sind, jedoch ist es unmöglich, den intraindividuellen Peak des jeweiligen Fötus durch mehrfache Messungen zu bestimmen. Somit muss der gemessene Spiegel nicht notwendigerweise den Wert widerspiegeln, der Einfluss auf die beteiligten Gehirnstrukturen hat, die dem untersuchten Verhalten zugrunde liegen.

Dass die Testosteronwerte der Mädchen in der vorliegenden Stichprobe so gering waren, dass sie nicht detektierbar bzw. quantifizierbar waren, ist nicht verwunderlich, beachtet man, dass die Hauptquelle des Testosterons bei den Jungen in dieser Phase der Schwangerschaft die Hoden sind. Vorherige Amniozentese-Studien konnten ebenfalls nur sehr geringe Varianz in den Fruchtwasser-Testosteronwerten der Mädchen im Vergleich mit den Jungen finden (z.B. Auyeung et al., 2012; Finegan et al., 1989; Kung et al., 2016; Warne et al., 1977), sodass in Frage gestellt werden kann, ob die Messung des Testosteronspiegels im Fruchtwasser der Mädchen, um ihn mit späterem geschlechtsdimorphen Verhalten zu korrelieren, eine vielversprechende Methode darstellt.

Hier scheint das 2D:4D ein praktischer Marker für den pränatalen Testosteronspiegel bei Jungen und bei Mädchen zu sein. Neben der Möglichkeit auch geringe Unterschiede im Fingerlängenverhältnis messen zu können, bietet es den Vorteil, dass es sehr leicht zu erfassen und mehrfach und damit reliabler zu bestimmen ist. Der Nachteil, dass der Zusammenhang mit dem Serumtestosteronspiegel während der Schwangerschaft unbekannt ist und sich der Zusammenhang mit dem Fruchtwasser-Testosteronspiegel, der für Mädchen in einer Studie gezeigt werden konnte (Ventura et al., 2013), in der vorliegenden Arbeit nicht replizieren lässt, liegt auf der Hand.

Allerdings liegt hier auch die Frage nahe, ob das 2D:4D überhaupt den Testosteronspiegel, der im Zeitfenster der Amniozentese zwischen der 14. und 20. Schwangerschaftswoche (bei uns im Mittel in der 15. Woche) abbildet. Studien an abgetriebenen Föten, die bereits pränatal Geschlechterunterschiede im 2D:4D zeigen konnten, fanden in der Mehrzahl am Ende des zweiten und im dritten Schwangerschaftstrimester statt (Galis et al., 2010; Malas et al., 2006). So ist es durchaus denkbar, dass es mehrere kritische Phasen während der pränatalen Entwicklung gibt, in denen Testosteron die Entwicklung beeinflusst. Die Phase, in der die Hoden der männlichen Föten mit der Testosteronproduktion beginnen (achte Schwangerschaftswoche) und um die 17. Schwangerschaftswoche die größten Geschlechterunterschiede im Testosteronspiegel zwischen weiblichen und männlichen Föten hervorrufen, wird häufig als die wichtigste sensitive Einflussphase auf das Gehirn angesehen (Cohen-Bendahan et al., 2005; Knickmeyer, Wheelwright, et al., 2005), aber auch im Nabelschnurblut und Serum von Neugeborenen konnten bereits Geschlechterunterschiede im Testosteronspiegel gezeigt werden (Forest & Cathiard, 1975; Forest, Sizonenko, Cathiard & Bertrand, 1974; Garagorri et al., 2008; Troisi et al., 2003). So wäre durchaus denkbar, dass das 2D:4D den Testosteronspiegel aus einer späteren Phase der Schwangerschaft oder die kumulierte Testosteronwirkung aus der gesamten Schwangerschaft widerspiegelt. Das würde auch den Befund erklären, dass das geschlechtstypische Spielverhalten (bei den Mädchen) mit dem 2D:4D korrelierte, aber keine Korrelation mit dem Fruchtwasser-Testosteronspiegel gefunden werden konnte (Studie A). Betrachtet man die bisherige Forschungslage zum Thema, fällt auf, dass der Zusammenhang zwischen dem geschlechtsspezifischen Spielverhalten und dem 2D:4D (Studie A der vorliegenden Arbeit; Hönekopp & Thierfelder, 2009; Mitsui et al., 2016; Wong & Hines, 2016) konsistenter als der Zusammenhang zwischen dem Spielverhalten und dem Fruchtwasser-

Testosteron (signifikanter Zusammenhang: Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor, Hackett, et al., 2009; kein signifikanter Zusammenhang: Knickmeyer, Wheelwright, et al., 2005; van de Beek et al., 2009) gezeigt werden konnte. So argumentieren Knickmeyer und Kollegen (2005), dass der nicht signifikante Zusammenhang von Fruchtwasser-Testosteron und geschlechtsspezifischem Spielverhalten in ihrer Studie dem Umstand geschuldet sein könnte, dass die sensitive Phase, in der die entsprechenden Gehirnbereiche beeinflusst werden, die für die Ausbildung des geschlechtstypischen Spielverhaltens verantwortlich sind, später in der Schwangerschaft liegt. Das wiederum passt zu Studien an weiblichen Rhesusaffen, die einen starken Anstieg an wildem Spielverhalten („rough-and-tumble-play“) zeigen, wenn sie über eine lange Phase (35 Tage) oder eine kurze Phase spät in der Schwangerschaft (115.-139. Tag) Androgenen ausgesetzt wurden, aber nicht, wenn sie für eine kurze Zeit in der frühen Schwangerschaft (40.-64. Tag) Androgene erhielten (für Überblicksarbeiten siehe Meredith, 2015; A. Smith, Birnie & French, 2013; Thornton, Zehr & Loose, 2009). Auch, dass Mädchen mit dem adrenogenitalen Syndrom vermehrt typisch männliches Spielverhalten zeigen (Berenbaum & Hines, 1992; Hines et al., 2004; Nordenstrom et al., 2002; Pasterski et al., 2005), passt ins Bild, da sie während der gesamten Schwangerschaft einem erhöhten Androgenspiegel ausgesetzt sind (Knickmeyer, Wheelwright, et al., 2005). An Menschen ist die Hypothese, dass Sexualhormone in unterschiedlichen kritischen Phasen Einfluss auf verschiedene Gehirnbereiche nehmen, schwierig nachzuweisen, da sich aus ethischen Gründen die Beeinflussung des pränatalen Hormonspiegels des Fötus verbietet. Hier existieren allerdings Hinweise auf verschiedene sensitive Phasen aus einer Studie, die Probanden untersuchte, deren Müttern während der Schwangerschaft synthetisches Östrogen - Diethylstilbestrol (DES) -, von dem fälschlicherweise angenommen wurde, dass es das Fehlgeburtenrisiko verringern kann, verschrieben wurde. Darin konnte gezeigt werden, dass Frauen, deren Mütter früh in der Schwangerschaft DES einnahmen, im Vergleich mit nicht betroffenen Schwestern eher Linkshänderinnen waren, während Frauen, die später in der Schwangerschaft DES ausgesetzt wurden, niedrigere Werte in der rechtshemisphärischen Verarbeitung von Sprache im Vergleich mit ihren Schwestern hatten (L. L. Smith & Hines, 2000). Diese Studie gibt Hinweise darauf, dass der hormonelle Einfluss auf die neuronalen Mechanismen, die der Handpräferenz und der Sprachlateralisation unterliegen, zu unterschiedlichen kritischen Zeitpunkten in der pränatalen Entwicklung stattzufinden scheint (L. L. Smith & Hines, 2000). Es kann festgehalten werden, dass durchaus Hinweise auf unterschiedliche kritische pränatale Phasen für den Testosteroneinfluss auf das Gehirn bestehen. Somit wäre denkbar, dass sowohl das 2D:4D als auch die Gehirnbereiche, die Einfluss auf das Spielverhalten nehmen, erst später in der Schwangerschaft beeinflusst werden und somit kein Zusammenhang mit dem pränatalen Testosteronspiegel aus der Amniozentese, die in der vorliegenden Studie im Mittel in der 15. Schwangerschaftswoche stattfand, gefunden werden konnte.

Ebenfalls scheint nicht ausgeschlossen, dass der postnatale Anstieg im Testosteronspiegel der Jungen (siehe Abbildung 1 in Abschnitt 5.3.1) zwischen dem ersten und fünften Lebensmonat in der sogenannten „Mini-Pubertät“ (Hines et al., 2016) das 2D:4D zusätzlich zum pränatalen Einfluss (siehe Studien an abgetriebenen Föten: Galis et al., 2010; Malas et al., 2006) beeinflusst. Die erste 2D:4D-Messung in der vorliegenden Längsschnittstudie fand im Alter von fünf Monaten und damit nach dem postnatalen Testosteronanstieg statt. Der Testosteronanstieg in der Mini-Pubertät, für den bereits belegt ist, dass er ebenfalls organisierend auf das Gehirn wirkt (für einen Überblick siehe Hines, Constantinescu & Spencer, 2015), könnte auch einen Einfluss auf das geschlechtsspezifische Spielverhalten haben. Dafür sprechen Studien, die das postnatale Peniswachstum (Pasterski et al., 2015), das

durch den postnatalen Testosteronanstieg beeinflusst wird, und den Testosteronspiegel in Urinproben (mehrfache Messung zwischen sieben Tagen und sechs Monaten nach der Geburt; Lamminmaki et al., 2012) mit dem geschlechtsspezifischen Spielverhalten in Verbindung bringen konnten.

Entsprechend dieser Argumentationslinie könnte der Zusammenhang beider Maße für Selbstkontrolle (Belohnungsaufschubaufgabe und Fremdbbericht der Eltern) mit dem Testosteronspiegel aus der Amnionflüssigkeit (der Jungen), aber nicht mit dem 2D:4D in Studie B einen Hinweis darauf geben, dass das Testosteron im Zeitraum der Amniozenteseuntersuchungen (zwischen der 14. und 18. Schwangerschaftswoche) und nicht erst später in der pränatalen Entwicklung die Gehirnbereiche, die den Selbstkontrollfähigkeiten unterliegen (siehe Abschnitt 8.4), beeinflusst. Ein wahrscheinlicher Bereich könnte hier der präfrontale Kortex sein, der als eine der Schlüsselregionen bekannt ist, die die Fähigkeit zur Selbstkontrolle steuern (Casey, 2015; Luerssen et al., 2015), und bei ADHS-Betroffenen im Vergleich mit gesunden Kontrollprobanden kleiner ist (für Überblicksarbeiten siehe Friedman & Rapoport, 2015; Krain & Castellanos, 2006). Für den pränatalen Testosteroneinfluss auf diesen Bereich spricht eine Studie, die zeigen konnte, dass das Volumen der grauen Substanz des posterioren lateralen Orbitofrontalkortex von 8- bis 11-jährigen Jungen negativ mit dem Fruchtwasser-Testosteronspiegel zusammenhing (Lombardo et al., 2012).

Vor dem Hintergrund der beiden vorliegenden Studien und der bisherigen Forschungslage scheint es demnach wahrscheinlich, dass unterschiedliche Gehirnbereiche und damit vermutlich auch unterschiedliche geschlechtsdimorphe Verhaltensweisen im Kindesalter zu unterschiedlichen Zeitpunkten in der pränatalen und frühen postnatalen Entwicklung durch Testosteron beeinflusst werden.

Ausblick

Die beiden vorliegenden Studien geben weitere Hinweise darauf, dass frühe Geschlechterunterschiede im Verhalten mit dem pränatalen Testosteronspiegel in Zusammenhang stehen. Es konnte gezeigt werden, dass Mädchen mit einem kleineren 2D:4D mehr typisch maskulines Spielverhalten zeigen und Jungen mit einem höheren Fruchtwasser-Testosteronspiegel schlechtere Selbstkontrollfähigkeiten aufweisen. Beide untersuchten Geschlechterunterschiede – die Präferenz für geschlechtstypisches Verhalten sowie die Fähigkeit zur Selbstkontrolle – spielen für den Verlauf des Lebens eine große Rolle. Erweitert man den Blick von geschlechtstypischem Spielverhalten auf spätere Interessen an typisch männlichen beziehungsweise typisch weiblichen Aktivitäten, können diese einen Einfluss auf die spätere Berufswahl haben (Berenbaum & Beltz, 2016). So konnte für jugendliche Mädchen und junge Frauen mit dem AGS gezeigt werden, dass sie sich im Vergleich mit gesunden Kontrollprobandinnen eher für typisch männliche Berufe interessierten (Beltz, Swanson & Berenbaum, 2011) und für Frauen und Männer mit einem kleineren 2D:4D, dass sie sich ebenfalls eher für männliche Berufe interessierten (S. E. Weis, Firker & Hennig, 2007). Eine weitere Studie, die 80% der bekannten AGS-Patienten in Schweden einschloss, zeigte, dass Frauen mit dem AGS im Vergleich mit gesunden Kontrollprobandinnen eher ein Einkommen im Bereich des oberen 20. Perzentils hatten, was einer häufigeren Anstellung in eher von Männern besetzten, besser bezahlten Berufen geschuldet war (Strandqvist et al., 2014). Die Selbstkontrollfähigkeit wiederum spielt bei Erkrankungen wie dem ADHS und dem Substanzmissbrauch eine Rolle, sodass der in der vorliegenden Arbeit erbrachte Hinweis auf pränatale Testosteroneinflüsse einen Beitrag zum besseren Verständnis der höheren Prävalenzzahlen der Erkrankungen bei Jungen und Männern im Vergleich mit Mädchen und Frauen leistet (Fattore & Melis, 2016; Patros et al., 2016).

10 Literaturverzeichnis

- Abramovich, D. R. (1974). Human sexual differentiation - in-utero influences. *Journal of Obstetrics & Gynaecology of the British Commonwealth*, *81*, 448-453.
- Achterberg, M., Peper, J. S., van Duijvenvoorde, A. C. K., Mandl, R. C. W., & Crone, E. A. (2016). Fronto-striatal white matter integrity predicts development of delay of gratification: A longitudinal study. *Journal of Neuroscience*, *36*, 1954-1961.
- Al Awmleh, A., & Woll, A. (2013). Reliability of the German language version of the preschool and kindergarten behavior scales second edition. *Journal of Social Sciences*, *9*, 54-58.
- Alexander, G. M., & Hines, M. (2002). Sex differences in response to children's toys in nonhuman primates (*Cercopithecus aethiops sabaeus*). *Evolution and Human Behavior*, *23*, 467-479.
- Alink, L. R. A., Mesman, J., Van Zeijl, J., Stolk, M. N., Juffer, F., Koot, H. M., . . . Van IJzendoorn, M. H. (2006). The early childhood aggression curve: Development of physical aggression in 10- to 50-month-old children. *Child Development*, *77*, 954-966.
- APA. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5 Aufl.). Washington, DC: American Psychiatric Association.
- Arnold, A. P., & Breedlove, S. M. (1985). Organizational and activational effects of sex steroids on brain and behavior: a reanalysis. *Hormones and Behavior*, *19*, 469-498.
- Auyeung, B., Baron-Cohen, S., Ashwin, E., Knickmeyer, R. C., Taylor, K., & Hackett, G. (2009). Fetal testosterone and autistic traits. *British Journal of Psychology*, *100*, 1-22.
- Auyeung, B., Baron-Cohen, S., Ashwin, E., Knickmeyer, R. C., Taylor, K., Hackett, G., & Hines, M. (2009). Fetal testosterone predicts sexually differentiated childhood behavior in girls and in boys. *Psychological Science*, *20*, 144-148.
- Auyeung, B., Baron-Cohen, S., Chapman, E., Knickmeyer, R. C., Taylor, K., & Hackett, G. (2006). Foetal testosterone and the child systemizing quotient. *European Journal of Endocrinology*, *155*, 123-130.
- Auyeung, B., Knickmeyer, R., Ashwin, E., Taylor, K., Hackett, G., & Baron-Cohen, S. (2012). Effects of fetal testosterone on visuospatial ability. *Archives of Sexual Behavior*, *41*, 571-581.
- Auyeung, B., Lombardo, M. V., & Baron-Cohen, S. (2013). Prenatal and postnatal hormone effects on the human brain and cognition. *Pflugers Archiv-European Journal of Physiology*, *465*, 557-571.
- Auyeung, B., Taylor, K., Hackett, G., & Baron-Cohen, S. (2010). Foetal testosterone and autistic traits in 18 to 24-month-old children. *Molecular Autism*, *1*, 11.
- Bayless, D. W., Darling, J. S., & Daniel, J. M. (2013). Mechanisms by which neonatal testosterone exposure mediates sex differences in impulsivity in prepubertal rats. *Hormones and Behavior*, *64*, 764-769.
- Becker, J. B., & Hu, M. (2008). Sex differences in drug abuse. *Frontiers in Neuroendocrinology*, *29*, 36-47.
- Beltz, A. M., Swanson, J. L., & Berenbaum, S. A. (2011). Gendered occupational interests: Prenatal androgen effects on psychological orientation to things versus people. *Hormones and Behavior*, *60*, 313-317.
- Benenson, J. F., Tennyson, R., & Wrangham, R. W. (2011). Male more than female infants imitate propulsive motion. *Cognition*, *121*, 262-267.
- Berenbaum, S. A., & Beltz, A. M. (2011). Sexual differentiation of human behavior: Effects of prenatal and pubertal organizational hormones. *Frontiers in Neuroendocrinology*, *32*, 183-200.
- Berenbaum, S. A., & Beltz, A. M. (2016). How early hormones shape gender development. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *7*, 53-60.
- Berenbaum, S. A., Blakemore, J. E. O., & Beltz, A. M. (2011). A role for biology in gender-related behavior. *Sex Roles*, *64*, 804-825.

- Berenbaum, S. A., Bryk, K. K., Nowak, N., Quigley, C. A., & Moffat, S. (2009). Fingers as a marker of prenatal androgen exposure. *Endocrinology*, *150*, 5119-5124.
- Berenbaum, S. A., & Hines, M. (1992). Early androgens are related to childhood sex-typed toy preferences. *Psychological Science*, *3*, 203-206.
- Bjorklund, D. F., & Kipp, K. (1996). Parental investment theory and gender differences in the evolution of inhibition mechanisms. *Psychological Bulletin*, *120*, 163-188.
- Blake, P. R., & Rand, D. G. (2010). Currency value moderates equity preference among young children. *Evolution and Human Behavior*, *31*, 210-218.
- Blanchard, R. (2001). Fraternal birth order and the maternal immune hypothesis of male homosexuality. *Hormones and Behavior*, *40*, 105-114.
- Blanchard, R. (2008). Review and theory of handedness, birth order, and homosexuality in men. *Laterality*, *13*, 51-70.
- Bos, P. A., Panksepp, J., Bluthé, R.-M., & van Honk, J. (2012). Acute effects of steroid hormones and neuropeptides on human social-emotional behavior: a review of single administration studies. *Frontiers in Neuroendocrinology*, *33*, 17-35.
- Bos, P. A., Terburg, D., & Van Honk, J. (2010). Testosterone decreases trust in socially naive humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*, 9991-9995.
- Breedlove, S. M. (1992). Sexual dimorphism in the vertebrate nervous-system. *Journal of Neuroscience*, *12*, 4133-4142.
- Breedlove, S. M. (2010). Minireview: Organizational hypothesis: Instances of the fingerpost. *Endocrinology*, *151*, 4116-4122.
- Brown, W. M., Hines, M., Fane, B. A., & Breedlove, S. M. (2002). Masculinized finger length patterns in human males and females with congenital adrenal hyperplasia. *Hormones and Behavior*, *42*, 380-386.
- Buck, J. J., Williams, R. M., Hughes, I. A., & Acerini, C. L. (2003). In-utero androgen exposure and 2nd to 4th digit length ratio - comparisons between healthy controls and females with classical congenital adrenal hyperplasia. *Human Reproduction*, *18*, 976-979.
- Casey, B. J. (2015). Beyond simple models of self-control to circuit-based accounts of adolescent behavior. *Annual Review of Psychology*, *66*, 295-319.
- Chapman, E., Baron-Cohen, S., Auyeung, B., Knickmeyer, R. C., Taylor, K., & Hackett, G. (2006). Fetal testosterone and empathy: Evidence from the Empathy Quotient (EQ) and the "Reading the Mind in the Eyes" Test. *Social Neuroscience*, *1*, 135-148.
- Cicchetti, D. V. (1994). Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. *Psychological Assessment*, *6*, 284.
- Cohen-Bendahan, C. C. C., van de Beek, C., & Berenbaum, S. A. (2005). Prenatal sex hormone effects on child and adult sex-typed behavior: Methods and findings. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *29*, 353-384.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2 Aufl.). New York: Academic Press.
- Collaer, M. L., & Hines, M. (1995). Human behavioral sex-differences - A role for gonadal-hormones during early development. *Psychological Bulletin*, *118*, 55-107.
- Connellan, J., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Batki, A., & Ahluwalia, J. (2000). Sex differences in human neonatal social perception. *Infant Behavior & Development*, *23*, 113-118.
- Constantinescu, M., & Hines, M. (2012). Relating prenatal testosterone exposure to postnatal behavior in typically developing children: Methods and findings. *Child Development Perspectives*, *6*, 407-413.
- Da Silva, S., Moreira, B., & Da Costa, N. (2014). 2D:4D Digit ratio predicts delay of gratification in preschoolers. *PLoS One*, *9*, e114394.
- DeBruine, L. M. (2004). AutoMetric software for measurement of 2D:4D ratios. www.facelab.org/debruine/Programs/autometric.php.

- Diekhof, E. K. (2015). Be quick about it. Endogenous estradiol level, menstrual cycle phase and trait impulsiveness predict impulsive choice in the context of reward acquisition. *Hormones and Behavior*, *74*, 186-193.
- Dreher, J. C., Schmidt, P. J., Kohn, P., Furman, D., Rubinow, D., & Berman, K. F. (2007). Menstrual cycle phase modulates reward-related neural function in women. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *104*, 2465-2470.
- Duckworth, A. L., & Seligman, M. E. P. (2006). Self-discipline gives girls the edge: Gender in self-discipline, grades, and achievement test scores. *Journal of Educational Psychology*, *98*, 198-208.
- Duckworth, A. L., Shulman, E. P., Mastrorarde, A. J., Patrick, S. D., Zhang, J., & Druckman, J. (2015). Will not want: Self-control rather than motivation explains the female advantage in report card grades. *Learning and Individual Differences* *39*, 13-23.
- Duckworth, A. L., & Steinberg, L. (2015). Unpacking self-control. *Child Development Perspectives*, *9*, 32-37.
- Duckworth, A. L., Tsukayama, E., & Kirby, T. A. (2013). Is it really self-control? Examining the predictive power of the delay of gratification task. *Personality and Social Psychology Bulletin*, *39*, 843-855.
- Fagot, B. I. (1978). The influence of sex of child on parental reactions to toddler children. *Child Development*, 459-465.
- Fahlbusch, F. B., Heussner, K., Schmid, M., Schild, R., Ruebner, M., Huebner, H., . . . Rauh, M. (2015). Measurement of amniotic fluid steroids of midgestation via LC-MS/MS. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, *152*, 155-160.
- Fattore, L., & Melis, M. (2016). Sex differences in impulsive and compulsive behaviors: a focus on drug addiction. *Addiction Biology*, *21*, 1043-1051.
- Finegan, J.-A. K., Bartleman, B., & Wong, P. Y. (1989). A window for the study of prenatal sex hormone influences on postnatal development. *The Journal of Genetic Psychology* *150*, 101-112.
- Finegan, J.-A. K., Niccols, G. A., & Sitarenios, G. (1992). Relations between prenatal testosterone levels and cognitive abilities at 4 years. *Developmental Psychology*, *28*, 1075.
- Fink, B., Manning, J. T., Williams, J. H. G., & Podmore-Nappin, C. (2007). The 2nd to 4th digit ratio and developmental psychopathology in school-aged children. *Personality and Individual Differences*, *42*, 369-379.
- Forest, M. G., & Cathiard, A. M. (1975). Pattern of plasma testosterone and Δ 4-androstenedione in normal newborns: Evidence for testicular activity at birth. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *41*, 977-980.
- Forest, M. G., Sizonenko, P. C., Cathiard, A. M., & Bertrand, J. (1974). Hypophyso-gonadal function in humans during the first year of life: I. Evidence for testicular activity in early infancy. *Journal of Clinical Investigation*, *53*, 819.
- Friedman, L. A., & Rapoport, J. L. (2015). Brain development in ADHD. *Current Opinion in Neurobiology*, *30*, 106-111.
- Galis, F., Ten Broek, C. M. A., Van Dongen, S., & Wijnaendts, L. C. D. (2010). Sexual dimorphism in the prenatal digit ratio (2D:4D). *Archives of Sexual Behavior*, *39*, 57-62.
- Garagorri, J. M., Rodríguez, G., Lario-Elboj, Á. J., Olivares, J. L., Lario-Muñoz, Á., & Orden, I. (2008). Reference levels for 17-hydroxyprogesterone, 11-desoxycortisol, cortisol, testosterone, dehydroepiandrosterone sulfate and androstenedione in infants from birth to six months of age. *European Journal of Pediatrics*, *167*, 647-653.
- Gardner, D. G., & Shoback, D. (2011). *Greenspan's basic & clinical endocrinology* (9. Aufl.). New York, USA: McGraw-Hill Education.
- Goldstein, J. M., Seidman, L. J., Horton, N. J., Makris, N., Kennedy, D. N., Caviness, V. S., . . . Tsuang, M. T. (2001). Normal sexual dimorphism of the adult human brain assessed by in vivo magnetic resonance imaging. *Cerebral Cortex*, *11*, 490-497.

- Golombok, S., & Rust, J. (1993). The pre-school activities inventory: A standardized assessment of gender role in children. *Psychological Assessment, 5*, 131-136.
- Golombok, S., Rust, J., Zervoulis, K., Croudace, T., Golding, J., & Hines, M. (2008). Developmental trajectories of sex-typed behavior in boys and girls: A longitudinal general population study of children aged 2.5–8 years. *Child Development, 79*, 1583-1593.
- Goodman, R. (1997). The strengths and difficulties questionnaire: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 38*, 581-586.
- Goy, R. W., Bercovitch, F. B., & McBair, M. C. (1988). Behavioral masculinization is independent of genital masculinization in prenatally androgenized female rhesus macaques. *Hormones and Behavior, 22*, 552-571.
- Grimshaw, G. M., Sitarenios, G., & Finegan, J.-A. K. (1995). Mental rotation at 7 years - relations with prenatal testosterone levels and spatial play experiences. *Brain and Cognition, 29*, 85-100.
- Gummerum, M., Hanoch, Y., Keller, M., Parsons, K., & Hummel, A. (2010). Preschoolers' allocations in the dictator game: The role of moral emotions. *Journal of Economic Psychology, 31*, 25-34.
- Hampson, E., & Rovet, J. (2015). Spatial function in adolescents and young adults with congenital adrenal hyperplasia: Clinical phenotype and implications for the androgen hypothesis. *Psychoneuroendocrinology, 54*, 60-70.
- Hampson, E., Rovet, J. F., & Altmann, D. (1998). Spatial reasoning in children with congenital adrenal hyperplasia due to 21-hydroxylase deficiency. *Developmental Neuropsychology, 14*, 299-320.
- Hassett, J. M., Siebert, E. R., & Wallen, K. (2008). Sex differences in rhesus monkey toy preferences parallel those of children. *Hormones and Behavior, 54*, 359-364.
- Hermans, E. J., Putman, P., & van Honk, J. (2006). Testosterone administration reduces empathetic behavior: A facial mimicry study. *Psychoneuroendocrinology, 31*, 859-866.
- Hill, M., Pařízek, A., Kancheva, R., Dušková, M., Velíková, M., Kříž, L., . . . Matucha, P. (2010). Steroid metabolome in plasma from the umbilical artery, umbilical vein, maternal cubital vein and in amniotic fluid in normal and preterm labor. *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology, 121*, 594-610.
- Hines, M. (2002). Sexual differentiation of human brain and behavior. *Hormones, Brain and Behavior, 4*, 425-462.
- Hines, M. (2003). Sex steroids and human behavior: Prenatal androgen exposure and sex-typical play behavior in children. *Annals of the New York Academy of Sciences, 1007*, 272-282.
- Hines, M. (2005). *Brain gender*: Oxford University Press.
- Hines, M. (2010). Sex-related variation in human behavior and the brain. *Trends in Cognitive Science, 14*, 448-456.
- Hines, M. (2011). Prenatal endocrine influences on sexual orientation and on sexually differentiated childhood behavior. *Frontiers in Neuroendocrinology, 32*, 170-182.
- Hines, M., Ahmed, S. F., & Hughes, L. A. (2003). Psychological outcomes and gender-related development in complete androgen insensitivity syndrome. *Archives of Sexual Behavior, 32*, 93-101.
- Hines, M., Brook, C., & Conway, G. S. (2004). Androgen and psychosexual development: Core gender identity, sexual orientation, and recalled childhood gender role behavior in women and men with congenital adrenal hyperplasia (CAH). *Journal of Sex Research, 41*, 75-81.
- Hines, M., Constantinescu, M., & Spencer, D. (2015). Early androgen exposure and human gender development. *Biology of Sex Differences, 6*, 3.
- Hines, M., Fane, B. A., Pasterski, V. L., Mathews, G. A., Conway, G. S., & Brook, C. (2003). Spatial abilities following prenatal androgen abnormality: Targeting and mental rotations performance in individuals with congenital adrenal hyperplasia. *Psychoneuroendocrinology, 28*, 1010-1026.
- Hines, M., Golombok, S., Rust, J., Johnston, K. J., Golding, J., & Ch, A. L. S. P. (2002). Testosterone during pregnancy and gender role behavior of preschool children: A longitudinal, population study. *Child Development, 73*, 1678-1687.

- Hines, M., Johnston, K. J., Golombok, S., Rust, J., Stevens, M., Golding, J., & Team, A. S. (2002). Prenatal stress and gender role behavior in girls and boys: a longitudinal, population study. *Hormones and Behavior*, *42*, 126-134.
- Hines, M., Spencer, D., Kung, K. T., Browne, W. V., Constantinescu, M., & Noorderhaven, R. M. (2016). The early postnatal period, mini-puberty, provides a window on the role of testosterone in human neurobehavioural development. *Current Opinion in Neurology*, *38*, 69-73.
- Hönekopp, J., Manning, J. T., & Müller, C. (2006). Digit ratio (2D:4D) and physical fitness in males and females: Evidence for effects of prenatal androgens on sexually selected traits. *Hormones and Behavior*, *49*, 545-549.
- Hönekopp, J., & Thierfelder, C. (2009). Relationships between digit ratio (2D:4D) and sex-typed play behavior in pre-school children. *Personality and Individual Differences*, *47*, 706-710.
- Hönekopp, J., & Watson, S. (2010). Meta-analysis of digit ratio 2D:4D shows greater sex difference in the right hand. *American Journal of Human Biology*, *22*, 619-630.
- Hosseini-Kamkar, N., & Morton, J. B. (2014). Sex differences in self-regulation: An evolutionary perspective. *Frontiers in Neuroscience*, *8*, 1-8.
- House, B. R., Henrich, J., Brosnan, S. F., & Silk, J. B. (2012). The ontogeny of human prosociality: Behavioral experiments with children aged 3 to 8. *Evolution and Human Behavior*, *33*, 291-308.
- Hyde, J. S. (1984). How large are gender differences in aggression? A developmental meta-analysis. *Developmental Psychology*, *20*, 722.
- Jacobsen, T. (1998). Delay behavior at age six: Links to maternal expressed emotion. *The Journal of Genetic Psychology*, *159*, 117-120.
- Jentsch, C. E., & Merrell, K. W. (1996). An investigation of the construct validity of the preschool and kindergarten behavior scales. *Assessment for Effective Intervention*, *2*, 1-15.
- Judd, H. L., Robinson, J. D., Young, P. E., & Jones, O. W. (1976). Amniotic-fluid testosterone levels in mid-pregnancy. *Obstetrics and Gynecology*, *48*, 690-692.
- Kagan, K.-O., Abele, H., & Hoopmann, M. (2018). Ersttrimesterscreening. In G. U., H. K., & S. H. (Hrsg.), *Ultraschalldiagnostik in Geburtshilfe und Gynäkologie* (S. 87-116). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Kaighobadi, F., & Stevens, J. R. (2013). Does fertility status influence impulsivity and risk taking in human females? Adaptive influences on intertemporal choice and risky decision making. *Evolutionary Psychology*, *11*, 700-717.
- Kemper, C. J., & Schwerdtfeger, A. (2009). Comparing indirect methods of digit ratio (2D:4D) measurement. *American Journal of Human Biology*, *21*, 188-191.
- Kirby, K. N., & Marakovic, N. N. (1996). Delay-discounting probabilistic rewards: Rates decrease as amounts increase. *Psychonomic Bulletin & Review*, *3*, 100-104.
- Knickmeyer, R. C., & Baron-Cohen, S. (2006). Fetal testosterone and sex differences. *Early Human Development*, *82*, 755-760.
- Knickmeyer, R. C., Baron-Cohen, S., Raggatt, P., & Taylor, K. (2005). Foetal testosterone, social relationships, and restricted interests in children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *46*, 198-210.
- Knickmeyer, R. C., Wheelwright, S., Taylor, K., Raggatt, P., Hackett, G., & Baron-Cohen, S. (2005). Gender-typed play and amniotic testosterone. *Developmental Psychology*, *41*, 517-528.
- Knickmeyer, R. C., Woolson, S., Hamer, R. M., Konneker, T., & Gilmore, J. H. (2011). 2D:4D ratios in the first 2 years of life: Stability and relation to testosterone exposure and sensitivity. *Hormones and Behavior*, *60*, 256-263.
- Kondo, T., Zákány, J., Innis, J. W., & Duboule, D. (1997). Of fingers, toes and penises. *Nature*, *390*, 29-29.
- Kozłowski, P., Knippel, A., & Stressig, R. (2008). Individual risk of fetal loss following routine second trimester amniocentesis: A controlled study of 20 460 cases. [Individuelles Risiko für Schwangerschaftsverlust nach Routineamniozentese im 2. Trimenon: Eine kontrollierte Studie von 20 460 Fällen]. *Ultraschall in der Medizin/ European Journal of Ultrasound*, *29*, 165-172.

- Krain, A. L., & Castellanos, F. X. (2006). Brain development and ADHD. *Clinical Psychology Review, 26*, 433-444.
- Kung, K. T. F., Spencer, D., Pasterski, V., Neufeld, S., Glover, V., O'Connor, T. G., . . . Hines, M. (2016). No relationship between prenatal androgen exposure and autistic traits: Convergent evidence from studies of children with congenital adrenal hyperplasia and of amniotic testosterone concentrations in typically developing children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 57*, 1455-1462.
- Kuzawa, C. W. (1998). Adipose tissue in human infancy and childhood: An evolutionary perspective. *American Journal of Physical Anthropology, 27*, 177-209.
- Lamminmaki, A., Hines, M., Kuiri-Hanninen, T., Kilpelainen, L., Dunkel, L., & Sankilampi, U. (2012). Testosterone measured in infancy predicts subsequent sex-typed behavior in boys and in girls. *Hormones and Behavior, 61*, 611-616.
- Langlois, J. H., & Downs, A. C. (1980). Mothers, fathers, and peers as socialization agents of sex-typed play behaviors in young children. *Child Development, 1237-1247*.
- Lombardo, M. V., Ashwin, E., Auyeung, B., Chakrabarti, B., Taylor, K., Hackett, G., . . . Baron-Cohen, S. (2012). Fetal testosterone influences sexually dimorphic gray matter in the human brain. *Journal of Neuroscience, 32*, 674-680.
- Lucas, M., & Koff, E. (2010). Delay discounting is associated with the 2D:4D ratio in women but not men. *Personality and Individual Differences, 48*, 182-186.
- Luerssen, A., Gyurak, A., Ayduk, O., Wendelken, C., & Bunge, S. A. (2015). Delay of gratification in childhood linked to cortical interactions with the nucleus accumbens. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 10*, 1769-1776.
- Lutchmaya, S., Baron-Cohen, S., & Raggatt, P. (2002). Foetal testosterone and eye contact in 12-month-old human infants. *Infant Behavior & Development, 25*, 327-335.
- Lutchmaya, S., Baron-Cohen, S., Raggatt, P., Knickmeyer, R., & Manning, J. T. (2004). 2nd to 4th digit ratios, fetal testosterone and estradiol. *Early Human Development, 77*, 23-28.
- Malas, M. A., Dogan, S., Hilal Evcil, E., & Desdicioglu, K. (2006). Fetal development of the hand, digits and digit ratio (2D:4D). *Early Human Development, 82*, 469-475.
- Manning, J. T., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., & Sanders, G. (2001). The 2nd to 4th digit ratio and autism. *Developmental Medicine and Child Neurology, 43*, 160-164.
- Manning, J. T., Scutt, D., Wilson, J., & Lewis-Jones, D. I. (1998). The ratio of 2nd to 4th digit length: A predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Human Reproduction, 13*, 3000-3004.
- Martel, M. M., Gobrogge, K. L., Breedlove, S. M., & Nigg, J. T. (2008). Masculinized finger-length ratios of boys, but not girls, are associated with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Behavioral Neuroscience, 122*, 273-281.
- Matthews, J. S., Ponitz, C. C., & Morrison, F. J. (2009). Early gender differences in self-regulation and academic achievement. *Journal of Educational Psychology, 101*, 689-704.
- McClure, E. B. (2000). A meta-analytic review of sex differences in facial expression processing and their development in infants, children, and adolescents. *Psychological Bulletin, 126*, 424-453.
- McFadden, D., Westhafer, J. G., Pasanen, E. G., Carlson, C. L., & Tucker, D. M. (2005). Physiological evidence of hypermasculinization in boys with the inattentive type of attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Clinical Neuroscience Research, 5*, 233-246.
- McIntyre, M. H., Cohn, B. A., & Ellison, P. T. (2006). Sex dimorphism in digital formulae of children. *American Journal of Physical Anthropology, 129*, 143-150.
- McIntyre, M. H., Ellison, P. T., Lieberman, D. E., Demerath, E., & Towne, B. (2005). The development of sex differences in digital formula from infancy in the Fels Longitudinal Study. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 272*, 1473-1479.
- Meredith, S. L. (2015). Comparative perspectives on human gender development and evolution. *American Journal of Physical Anthropology, 156*, 72-97.

- Merrell, K. W. (2002). *Preschool and Kindergarten Behaviour Rating Scales (PKBS-2)* (2 Aufl.). Austin, TX: PRO-ED.
- Mikac, U., Buško, V., Sommer, W., & Hildebrandt, A. (2016). Analysis of different sources of measurement error in determining second-to-fourth digit ratio, a potential indicator of perinatal sex hormones exposure. *Review of Psychology, 23*, 39-49.
- Mischel, W., Ayduk, O., Berman, M. G., Casey, B. J., Gotlib, I. H., Jonides, J., . . . Shoda, Y. (2011). 'Willpower' over the life span: Decomposing self-regulation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 6*, 252-256.
- Mischel, W., & Ebbesen, E. B. (1970). Attention in delay of gratification. *Journal of Personality and Social Psychology, 16*, 329-337.
- Mischel, W., Ebbesen, E. B., & Raskoff Zeiss, A. (1972). Cognitive and attentional mechanisms in delay of gratification. *Journal of Personality and Social Psychology, 21*, 204-218.
- Mischel, W., & Underwood, B. (1974). Instrumental ideation in delay of gratification. *Child Development, 45*, 1083-1088.
- Mitsui, T., Araki, A., Miyashita, C., Ito, S., Ikeno, T., Sasaki, S., . . . Nonomura, K. (2016). The relationship between the second-to-fourth digit ratio and behavioral sexual dimorphism in school-aged children. *PLoS ONE, 11*, e0146849.
- Moore, D. S., & Johnson, S. P. (2008). Mental rotation in human infants: A sex difference. *Psychological Science, 19*, 1063-1066.
- Noipayak, P. (2009). The ratio of 2nd and 4th digit length in autistic children. *Journal of the Medical Association of Thailand = Chotmaihet thangphaet, 92*, 1040-1045.
- Nordenstrom, A., Servin, A., Bohlin, G., Larsson, A., & Wedell, A. (2002). Sex-typed toy play behavior correlates with the degree of prenatal androgen exposure assessed by CYP21 genotype in girls with congenital adrenal hyperplasia. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 87*, 5119-5124.
- Ökten, A., Kalyoncu, M., & Yaris, N. (2002). The ratio of second- and fourth-digit lengths and congenital adrenal hyperplasia due to 21-hydroxylase deficiency. *Early Human Development, 70*, 47-54.
- Paloyelis, Y., Asherson, P., & Kuntsi, J. (2009). Are ADHD symptoms associated with delay aversion or choice impulsivity? A general population study. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry, 48*, 837-846.
- Pasterski, V. L., Acerini, C. L., Dunger, D. B., Ong, K. K., Hughes, L. A., Thankamony, A., & Hines, M. (2015). Postnatal penile growth concurrent with mini-puberty predicts later sex-typed play behavior: Evidence for neurobehavioral effects of the postnatal androgen surge in typically developing boys. *Hormones and Behavior, 69*, 98-105.
- Pasterski, V. L., Geffner, M. E., Brain, C., Hindmarsh, P., Brook, C., & Hines, M. (2005). Prenatal hormones and postnatal socialization by parents as determinants of male-typical toy play in girls with congenital adrenal hyperplasia. *Child Development, 76*, 264-278.
- Patros, C. H. G., Alderson, R. M., Kasper, L. J., Tarle, S. J., Lea, S. E., & Hudec, K. L. (2016). Choice-impulsivity in children and adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD): A meta-analytic review. *Clinical Psychology Review, 43*, 162-174.
- Peper, J. S., Mandl, R. C. W., Braams, B. R., de Water, E., Heijboer, A. C., Koolschijn, P. C. M. P., & Crone, E. A. (2013). Delay discounting and frontostriatal fiber tracts: A combined DTI and MTR study on impulsive choices in healthy young adults. *Cerebral Cortex, 23*, 1695-1702.
- Puts, D. A., McDaniel, M. A., Jordan, C. L., & Breedlove, S. M. (2008). Spatial ability and prenatal androgens: Meta-analyses of congenital adrenal hyperplasia and digit ratio (2D:4D) studies. *Archives of Sexual Behavior, 37*, 100-111.
- Quinn, P. C., & Liben, L. S. (2008). A sex difference in mental rotation in young infants. *Psychological Science, 19*, 1067-1070.

- Quinn, P. C., & Liben, L. S. (2014). A sex difference in mental rotation in infants: Convergent evidence. *Infancy, 19*, 103-116.
- Ramtekkar, U. P., Reiersen, A. M., Todorov, A. A., & Todd, R. D. (2010). Sex and age differences in attention-deficit/hyperactivity disorder symptoms and diagnoses: Implications for DSM-V and ICD-11. *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry, 49*, 217-228.
- Reed, S., Meggs, J., & Manning, J. T. (2017). Examining the effect of prenatal testosterone and aggression on sporting choice and sporting longevity. *Personality and Individual Differences, 116*, 11-15.
- Rivet, N., Jamey, C., Reix, N., Kintz, P., Heil, M., Erdmann, K., . . . Raul, J. S. (2018). Measurement of cortisol, cortisone, dehydroepiandrosterone, dehydroepiandrosterone sulfate, estradiol, estriol, and testosterone in human amniotic fluid by ultra performance liquid chromatography and tandem mass spectrometry. *Manuscript submitted for publication*.
- Robinson, J. D., Judd, H. L., Young, P. E., Jones, O. W., & Yen, S. S. C. (1977). Amniotic-fluid androgens and estrogens in midgestation. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 45*, 755-761.
- Rodeck, C. H., Gill, D., Rosenberg, D. A., & Collins, W. P. (1985). Testosterone levels in midtrimester maternal and fetal plasma and amniotic-fluid. *Prenatal Diagnosis, 5*, 175-181.
- Rust, J., Golombok, S., Hines, M., Johnston, K., Golding, J., & Team, A. S. (2000). The role of brothers and sisters in the gender development of preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology, 77*, 292-303.
- Sarkar, P., Bergman, K., Fisk, N. M., O'Connor, T. G., & Glover, V. (2007). Amniotic fluid testosterone: Relationship with cortisol and gestational age. *Clinical Endocrinology, 67*, 743-747.
- Savic, I., Frisen, L., Manzouri, A., Nordenstrom, A., & Lindén Hirschberg, A. (2017). Role of testosterone and Y chromosome genes for the masculinization of the human brain. *Human Brain Mapping, 38*, 1801-1814.
- Schmid, M., Klaritsch, P., Arzt, W., Burkhardt, T., Duba, H., Häusler, M., . . . Speicher, M. (2015). Drei Länder–Empfehlung zum Einsatz von Nicht-invasiven pränatalen Tests (NIPT) zur Analyse der zellfreien DNA (cfDNA) im mütterlichen Blut zum Screening auf fetale Chromosomenstörungen in der klinischen Praxis. *Ultraschall in der Medizin / European Journal of Ultrasound, 36*, 507-510.
- Schönbrodt, F. D., & Perugini, M. (2013). At what sample size do correlations stabilize? *Journal of Research in Personality, 47*, 609-612.
- Seavey, C. A., Katz, P. A., & Zalk, S. R. (1975). Baby X. *Sex Roles, 1*, 103-109.
- Servin, A., Bohlin, G., & Berlin, L. (1999). Sex differences in 1-, 3-, and 5-year-olds' toy-choice in a structured play-session. *Scandinavian Journal of Psychology, 40*, 43-48.
- Sidorowicz, L. S., & Lunney, G. S. (1980). Baby X revisited. *Sex Roles, 6*, 67-73.
- Silverman, I. W. (2003). Gender differences in delay of gratification: A meta-analysis. *Sex Roles, 49*, 451-463.
- Smith, A., Birnie, A., & French, J. (2013). Prenatal androgens affect development and behavior in primates. *Building Babies, 103-131*.
- Smith, C. T., Sierra, Y., Oppler, S. H., & Boettiger, C. A. (2014). Ovarian cycle effects on immediate reward selection bias in humans: A role for estradiol. *Journal of Neuroscience, 34*, 5468-5476.
- Smith, L. L., & Hines, M. (2000). Language lateralization and handedness in women prenatally exposed to diethylstilbestrol (DES). *Psychoneuroendocrinology, 25*, 497-512.
- Speiser, P. W., Azziz, R., Baskin, L. S., Ghizzoni, L., Hensle, T. W., Merke, D. P., . . . Oberfield, S. E. (2010). Congenital adrenal hyperplasia due to steroid 21-hydroxylase deficiency: An endocrine society clinical practice guideline. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 95*, 4133-4160.
- Stevenson, J. C., Everson, P. M., Williams, D. C., Hipskind, G., Grimes, M., & Mahoney, E. R. (2007). Attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD) symptoms and digit ratios in a college sample. *American Journal of Human Biology, 19*, 41-50.

- Strandqvist, A., Falhammar, H., Lichtenstein, P., Hirschberg, A. L., Wedell, A., Norrby, C., . . . Nordenström, A. (2014). Suboptimal psychosocial outcomes in patients with congenital adrenal hyperplasia: Epidemiological studies in a nonbiased national cohort in Sweden. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *99*, 1425-1432.
- Tao, T., Wang, L., Fan, C., & Gao, W. (2014). Development of self-control in children aged 3 to 9 years: Perspective from a dual-systems model. *Scientific Reports*, *4*, 7272.
- Thornton, J., Zehr, J. L., & Loose, M. D. (2009). Effects of prenatal androgens on rhesus monkeys: A model system to explore the organizational hypothesis in primates. *Hormones and Behavior*, *55*, 633-644.
- Todd, B. K., Barry, J. A., & Thommessen, S. A. (2016). Preferences for 'gender-typed' toys in boys and girls aged 9 to 32 months. *Infant Child Development*, *26*, e1986.
- Tremblay, R. E., Nagin, D. S., Seguin, J. R., Zoccolillo, M., Zelazo, P. D., Boivin, M., . . . Japel, C. (2004). Physical aggression during early childhood: Trajectories and predictors. *Pediatrics*, *114*, 43-50.
- Trivers, R., Manning, J. T., & Jacobson, A. (2006). A longitudinal study of digit ratio (2D : 4D) and other finger ratios in Jamaican children. *Hormones and Behavior*, *49*, 150-156.
- Troisi, R., Potischman, N., Roberts, J., Siiteri, P., Daftary, A., Sims, C., & Hoover, R. N. (2003). Associations of maternal and umbilical cord hormone concentrations with maternal, gestational and neonatal factors (United States). *Cancer Causes and Control*, *14*, 347-355.
- Turanovic, J. J., Pratt, T. C., & Piquero, A. R. (2017). Exposure to fetal testosterone, aggression, and violent behavior: A meta-analysis of the 2D:4D digit ratio. *Aggression and Violent Behavior*, *33*, 51-61.
- van de Beek, C., Thijssen, J. H., Cohen-Kettenis, P. T., van Goozen, S. H., & Buitelaar, J. K. (2004). Relationships between sex hormones assessed in amniotic fluid, and maternal and umbilical cord serum: What is the best source of information to investigate the effects of fetal hormonal exposure? *Hormones and Behavior*, *46*, 663-669.
- van de Beek, C., van Goozen, S. H., Buitelaar, J. K., & Cohen-Kettenis, P. T. (2009). Prenatal sex hormones (maternal and amniotic fluid) and gender-related play behavior in 13-month-old infants. *Archives of Sexual Behavior*, *38*, 6-15.
- van Hemmen, J., Cohen-Kettenis, P. T., Steensma, T. D., Veltman, D. J., & Bakker, J. (2017). Do sex differences in CEOAEs and 2D:4D ratios reflect androgen exposure? A study in women with complete androgen insensitivity syndrome. *Biology of Sex Differences*, *8*, 1-10.
- van Hemmen, J., Saris, I. M., Cohen-Kettenis, P. T., Veltman, D. J., Pouwels, P. J., & Bakker, J. (2016). Sex differences in white matter microstructure in the human brain predominantly reflect differences in sex hormone exposure. *Cerebral Cortex*, *27*, 2994-3001.
- Ventura, T., Gomes, M. C., Pita, A., Neto, M. T., & Taylor, A. (2013). Digit ratio (2D:4D) in newborns: Influences of prenatal testosterone and maternal environment. *Early Human Development*, *89*, 107-112.
- Wallen, K. (2009). Does finger fat produce sex differences in second to fourth digit ratios? *Endocrinology*, *150*, 4819-4822.
- Warne, G. L., Faiman, C., Reyes, F. I., & Winter, J. S. D. (1977). Studies on human sexual development: Concentrations of testosterone, 17-hydroxyprogesterone and progesterone in human amniotic fluid throughout gestation. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *44*, 934-938.
- Weis, M., Heikamp, T., & Trommsdorff, G. (2013). Gender differences in school achievement: The role of self-regulation. *Frontiers in Psychology*, *4*, 1-10.
- Weis, S. E., Firker, A., & Hennig, J. (2007). Associations between the second to fourth digit ratio and career interests. *Personality and Individual Differences*, *43*, 485-493.
- WHO. (1992). *The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders: Clinical descriptions and diagnostic guidelines*. Geneva: World Health Organization.

- Williams, J. H. G., Greenhalgh, K. D., & Manning, J. T. (2003). Second to fourth finger ratio and possible precursors of developmental psychopathology in preschool children. *Early Human Development*, *72*, 57-65.
- Wilson, J. D., George, F. W., & Griffin, J. E. (1981). The hormonal-control of sexual development. *Science*, *211*, 1278-1284.
- Wisniewski, A. B., Migeon, C. J., Meyer-Bahlburg, H. F., Gearhart, J. P., Berkovitz, G. D., Brown, T. R., & Money, J. (2000). Complete androgen insensitivity syndrome: long-term medical, surgical, and psychosexual outcome. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *85*, 2664-2669.
- Wong, W. I., & Hines, M. (2016). Interpreting digit ratio (2D:4D)-behavior correlations: 2D:4D sex difference, stability, and behavioral correlates and their replicability in young children. *Hormones and Behavior*, *78*, 86-94.
- Wudy, S. A., Dörr, H. G., Solleder, C., Djalali, M., & Homoki, J. n. (1999). Profiling steroid hormones in amniotic fluid of midpregnancy by routine stable isotope dilution/gas chromatography-mass spectrometry: Reference values and concentrations in fetuses at risk for 21-hydroxylase deficiency 1. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *84*, 2724-2728.
- Zheng, Z. G., & Cohn, M. J. (2011). Developmental basis of sexually dimorphic digit ratios. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *108*, 16289-16294.
- Zondek, T., Mansfield, M. D., & Zondek, L. H. (1977). Amniotic-fluid testosterone and fetal sex determination in 1st half of pregnancy. *British Journal of Obstetrics and Gynaecology*, *84*, 714-716.

11 Anhang

Anhang A: *Preschool Activities Inventory (PSAI)*

Pre-School Activities Inventory

(Deutsche Fassung: Christine Thierfelder und Johannes Hönekopp)

Dieser Fragebogen beschäftigt sich mit den alltäglichen Aktivitäten von Vorschulkindern. Er ist in drei Teile gegliedert: Spielzeugvorlieben, Aktivitäten sowie Neigungen des Kindes. In den einzelnen Fragen geht es darum, wie häufig das Kind mit bestimmten Spielsachen spielt, wie häufig es sich bestimmten Aktivitäten widmet und wie häufig es bestimmte Neigungen zeigt. Es gibt jeweils fünf Antwortmöglichkeiten: *nie*, *selten*, *manchmal*, *oft* und *sehr oft*.

Bitte beantworten Sie alle Fragen.

Sollten Sie bei einer Frage nicht sicher sein, welche Antwortmöglichkeit das Kind am besten beschreibt, dann wählen Sie bitte die Antwort, die am ehesten zutrifft.

TEIL 1: SPIELSACHEN:

Bitte geben Sie an, wie oft das Kind im Verlauf des letzten Monats mit folgenden **Spielsachen** gespielt hat:

- | | | | | | |
|--|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Spielzeugpistolen oder -gewehre
(oder benutzte Gegenstände als solche) | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 2. Schmuck | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 3. Werkzeug | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 4. Puppen, Puppenkleider oder Puppenwagen | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 5. Züge, Autos oder Flugzeuge | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 6. Spielzeugschwerter (oder benutzte Gegenstände
als solche) | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 7. Kinder- oder Puppenstübengeschirr | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |

TEIL 2: AKTIVITÄTEN

Bitte geben Sie an, wie oft sich das Kind im Verlauf des letzten Monats folgenden **Aktivitäten** gewidmet hat:

- | | | | | | |
|--|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Haushalt spielen | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 2. Mit Mädchen spielen | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 3. Eine weibliche Person spielen (z.B. Prinzessin) | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 4. Einen männlichen Beruf spielen (z.B. Feuerwehrmann) | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 5. Kämpfen | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 6. Familie spielen (z.B. Mutter oder Vater) | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 7. Sport und Ballspiele | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 8. Klettern (z.B. auf Zäune, Bäume, Klettergerüste) | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 9. Baby versorgen spielen | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 10. Interesse an echten Autos, Zügen und Flugzeugen zeigen | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 11. Sich mit mädchenhafter Kleidung fein machen | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |

TEIL 3: NEIGUNGEN:Bitte geben Sie an, wie oft Ihr Kind im Verlauf des letzten Monats folgende **Neigungen** gezeigt hat:

- | | | | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Erkundet gerne neue Umgebungen | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 2. Hat Spaß an Balgereien | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 3. Interessiert sich für Schlangen, Spinnen oder Insekten | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 4. Vermeidet es, sich dreckig zu machen | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 5. Mag hübsche Dinge | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |
| 6. Vermeidet riskante Situationen | nie <input type="checkbox"/> | selten <input type="checkbox"/> | manchmal <input type="checkbox"/> | oft <input type="checkbox"/> | sehr oft <input type="checkbox"/> |

Anhang B: *Preschool and Kindergarten Behavior Scales-II (PKBS-II)*

Die Items der für Studie B relevanten Skala *Aufmerksamkeitsprobleme/hyperaktives Verhalten* sind fett gedruckt hervorgehoben. Es handelt sich um die Items 35, 40, 48, 49, 50, 54, 59 und 73.

PKBS-2

Vorschule- und Kindergarten-Verhaltensskalen

Anleitung

Bitte bewerten Sie das Kind zu jedem einzelnen der folgenden Punkte. Die Bewertungen sollen sich dabei auf Ihre Beobachtungen des Verhaltens des Kindes während der letzten drei Monate stützen. Die Vergabe der Werte erfolgt nach folgendem Schema:

Nie	selten	manchmal	oft
0	1	2	3

Nie: Wenn das Kind das genannte Verhalten nicht zeigt oder wenn Sie ein solches bislang nicht feststellen konnten, kreuzen Sie die 0 an, was „nie“ bedeutet.

Selten: Wenn das Kind das genannte Verhalten zeigt, jedoch sehr unregelmäßig, kreuzen Sie die 1 an, was „selten“ bedeutet.

Manchmal: Wenn das Kind des Öfteren das genannte Verhalten zeigt, kreuzen Sie die 2 an, was „manchmal“ bedeutet.

Oft: Wenn das Kind regelmäßig das genannte Verhalten zeigt, kreuzen Sie die 3 an, was „oft“ bedeutet.

Bewertungsbogen

		Nie	Selten	Manchmal	Oft
1.	Beschäftigt sich oder spielt selbständig	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
2.	Ist kooperativ	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
3.	Hat Freude und lacht mit anderen Kindern	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
4.	Spielt mit mehreren verschiedenen Kindern	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
5.	Versucht das Verhalten anderer Kinder zu verstehen "Warum weinst Du"?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
6.	Wird von anderen Kindern akzeptiert und gemocht	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
7.	Folgt den Anweisungen von Erwachsenen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
8.	Probiert aus, bevor sie/er um Hilfe fragt	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
9.	Schließt leicht Freundschaften	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
10.	Ist selbstbeherrscht	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
11.	Wird von anderen Kindern zum Mitspielen aufgefordert	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
12.	Weiß seine Freizeit sinnvoll zu gestalten	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
13.	Kann sich relativ gut von einem Elternteil trennen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
14.	Beteiligt sich an Gesprächen in der Familie oder in der Gruppe	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
15.	Bittet bei Bedarf Erwachsene um Hilfe	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
16.	Bleibt sitzen und hört zu, wenn Geschichten vorgelesen werden	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
17.	Setzt sich für die Rechte anderer Kinder ein "Das gehört ihr/ihm!"	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
18.	Findet sich in verschiedenen Umgebungen gut zurecht	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
19.	Hat Fertigkeiten oder Fähigkeiten, die Gleichaltrige toll finden	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
20.	Tröstet andere Kinder	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3

	Nie	Selten	Manchmal	Oft
21. Animiert andere Kinder zum Mitspielen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
22. Räumt seine Unordnung auf, wenn sie /er dazu aufgefordert wird	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
23. Hält sich an Regeln	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
24. Sucht Trost bei Erwachsenen, wenn sie/er sich wehgetan hat	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
25. Teilt und lässt andere Kinder mit seinen Spielsachen spielen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
26. Setzt sich für seine /ihre Rechte ein	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
27. Entschuldigt sich für leichtsinniges Verhalten, das andere stören könnte	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
28. Gibt nach oder ist kompromissbereit gegenüber Gleichaltrigen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
29. Akzeptiert Entscheidungen von Erwachsenen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
30. Wechselt sich mit anderen Kindern mit Spielzeug und anderen Dingen ab	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
31. Hat Selbstvertrauen in sozialen Situationen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
32. Reagiert aufgeschlossen, wenn sie/er verbessert wird	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
33. Zeigt Verständnis für die Probleme von Erwachsenen "Bist du traurig"	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
34. Zeigt es, wenn sie/er andere Kinder gern hat	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
35. Handelt impulsiv ohne vorher nachzudenken	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
36. Es wird ihm/ihr schlecht, wenn sie /er sich aufregt oder Angst hat	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
37. Zieht andere Kinder auf oder macht sich lustig über sie	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
38. Reagiert nicht, wenn andere auf sie /ihn zugehen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
39. Klammert sich an Eltern oder Aufsichtsperson	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
40. Macht Krach und stört damit andere	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
41. Hat Wutausbrüche oder Trotzanfälle	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3

	Nie	Selten	Manchmal	Oft
42. Fordert die ganze Aufmerksamkeit für sich	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
43. Ist ängstlich oder verkrampft	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
44. Möchte nicht teilen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
45. Ist physisch aggressiv (schlägt ,tritt, stößt)	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
46. Vermeidet es, mit anderen Kindern zu spielen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
47. Schreit und brüllt, wenn es wütend ist	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
48. Nimmt anderen Kindern Sachen weg	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
49. Hat Schwierigkeiten, sich zu konzentrieren oder bei der Sache zu bleiben	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
50. Befolgt Regeln nicht	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
51. Hat Schwierigkeiten, sich mit anderen Kindern anzufreunden	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
52. Ist ängstlich oder leicht zu erschrecken	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
53. Will seinen Willen durchsetzen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
54. Ist überaktiv, kann nicht still sitzen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
55. Ist rachsüchtig	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
56. Widersetzt sich Eltern Lehrern oder Aufsichtspersonen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
57. Klagt über Schmerzen oder Übelkeit	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
58. Sträubt sich, in den Kindergarten oder in die Vorschule zu gehen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
59. Ist unruhig und zappelig	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
60. Beschimpft andere	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
61. Ist schwer zu besänftigen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
62. Entzieht sich der Gesellschaft von anderen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3

	Nie	Selten	Manchmal	Oft
63. Schikaniert und schüchtert andere Kinder ein	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
64. Wirkt unglücklich oder niedergeschlagen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
65. Verhält sich unberechenbar	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
66. Ist eifersüchtig auf andere Kinder	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
67. Verhält sich jünger als altersgemäß	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
68. Macht Dinge kaputt, die anderen gehören	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
69. Ist misstrauisch oder launisch	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
70. Reagiert übersensibel auf Kritik oder Zurechtweisungen	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
71. Jammert oder beschwert sich	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
72. Wird von anderen Kindern ausgenutzt	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
73. Stört oder unterbricht Aktivitäten	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
74. Lügt	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
75. Lässt sich leicht provozieren	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
76. Ärgert und stört andere Kinder	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3

Erklärung an Eides Statt

Hiermit versichere ich an Eides Statt, dass ich die Dissertation mit dem Titel „Geschlechterunterschiede im Spielverhalten und der Selbstkontrolle bei 40 Monate alten Kindern und der Zusammenhang mit dem pränatalen Sexualhormonspiegel“ selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe unter Beachtung der „Grundsätze zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf“ erstellt habe.

Ich versichere insbesondere:

- (1) Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt.
- (2) Alle wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Texten entnommenen Stellen habe ich als solche kenntlich gemacht; dies gilt für gedruckte Texte ebenso wie für elektronische Ressourcen.
- (3) Die Arbeit habe ich in der vorliegenden oder einer modifizierten Form noch nicht als Dissertation vorgelegt – sei es an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf oder an einer anderen Universität.

Datum:

Name: Lisa Körner

Unterschrift: