



Geschlechterunterschiede in der Mentalen Rotation und ihr
Zusammenhang mit Sexualhormonen bei Säuglingen

Inaugural-Dissertation

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

vorgelegt von

Kathrin Erdmann
aus Duisburg

Düsseldorf, August 2015

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. Philipp Hammelstein

Tag der mündlichen Prüfung: 04.12.2015

Inhalt

Zusammenfassung	6
Abstract	8
Geschlechterunterschiede in der Mentalen Rotation und ihr Zusammenhang mit Sexualhormonen bei Säuglingen	10
Mentale Rotation und Geschlechterunterschiede	15
Einflussfaktor: Umwelt.....	25
Einflussfaktor: Sexualhormone	27
Geschlechtsentwicklung und Sexualhormone.	28
Sexualhormone beim Erwachsenen.	30
Organisierende und aktivierende Effekte von Sexualhormonen und räumlichen Fähigkeiten	31
Organisierende Effekte.	32
Organisierende Effekte beim Tier.	32
Organisierende Effekte beim Menschen.	32
Erhöhte pränatale Androgenkonzentration – Androgenitales Syndrom.....	33
Erniedrigte Androgenkonzentration – Idiopathischer hypogonadotroper Hypogonadismus und komplette Androgenresistenz.	34
Erniedrigte Androgen- und Estrogenkonzentration – Turner-Syndrom.....	35
Erhöhte Estrogenkonzentration – Diethylstilbestrol.....	35
Zwillinge.....	36
2D:4D-Fingerlängenverhältnis.	37
Zusammenfassung von organisierenden Einflüssen.	38
Aktivierende Effekte.	38
Aktivierende Effekte beim Tier.....	39
Aktivierende Effekte beim Menschen.....	39
Unterschiede in der Estrogenkonzentration – Menstruationszyklus.	39
Hormonelle Behandlung – Orale Kontrazeptiva, Hormon-Therapie.	40
Zusammenfassung aktivierende Effekte.	42
Amniozentese	42
Fruchtwasser und Sexualhormone.....	43
Bisherige Studien mit pränataler Hormonbestimmung aus Amnioflüssigkeit	45
Pränatale Sexualhormone aus dem Fruchtwasser und Mentale Rotation im Kindesalter	47
Zusammenfassung zu Sexualhormonen, Mentaler Rotation und Amniozentese	50

Diese Studien.....	51
Methode.....	52
Stichprobe.....	52
Hormonwerte.....	54
Materialien.....	55
Versuchsdurchführung.....	56
Design.....	59
5 Monate.....	59
9 Monate.....	59
Auswertung und Statistik.....	60
Reliabilitäten.....	60
5 Monate.....	60
Replikation der Studie von Moore und Johnson (2008).....	60
Erste weitere Analyse: Aufteilung in zwei Altersgruppen.....	61
Zweite weitere Analyse: Habituierte Kinder.....	62
Dritte weitere Analyse: Sexualhormone.....	62
9 Monate.....	63
Erste bis dritte weitere Analyse: Moore und Johnson (2008), habituierte Kinder und Sexualhormone.....	64
Vierte weitere Analyse: Erweiterung um das Kriterium von Schwarzer et al. (2012)..	64
Ergebnisse.....	65
Ergebnisse der Studie mit 5 Monaten.....	65
Reliabilität.....	65
Ergebnisse zur Replikation der Studie von Moore und Johnson (2008).....	65
Habituationsphase.....	66
Testphase.....	66
Aufteilung der Stichprobe in zwei Altersgruppen.....	68
Habituationsphase.....	69
Testphase.....	69
Aufteilung der Stichprobe in habituierte Kinder.....	71
Habituationsphase.....	71
Testphase.....	71
Zusammenhänge mit Sexualhormonen.....	73
Ergebnisse der Studie mit 9 Monaten.....	75

Reliabilität.....	75
Ergebnisse zur erweiterten Replikation der Studie von Moore und Johnson (2008) unter Ergänzung der Motorikkomponente des Krabbelns.	75
Habituationsphase.	75
Testphase.	76
Habituierte Kinder.	79
Mögliche Zusammenhänge mit Sexualhormonen.....	80
Kriterium Schwarzer et al. (2012).....	81
Ergebnisse der Kinder, die zu beiden Messzeitpunkten anwesend waren	82
Diskussion	84
Erste Hypothese.....	84
Zweite Hypothese	93
Dritte Hypothese.....	96
Conclusio	98
Literatur	104
Anhang	125
Anhang 1: Informationsblatt und Einverständniserklärung Praenatal.....	125
Anhang 2: Anschreiben für interessierte Eltern und Antwortbogen	129
Anhang 3: Fragebögen.....	131
Fragebogen zur Erhebung mit 5 Monaten.	131
Fragebogen zur Erhebung mit 9 Monaten.	133
Anhang 4: Einverständniserklärung	136
Anhang 5: Ergänzung zu den Ergebnissen 5 Monate – Gesamtstichprobe	138
Anhang 6: Ergänzung zu den Ergebnissen 5 Monate – tatsächlich habituierte Kinder.....	139
Anhang 7: Ergänzungen zu den Ergebnissen 9 Monate – Gesamtstichprobe	140
Anhang 8: Ergänzungen zu den Ergebnissen 9 Monate – habituierte Kinder.....	142
Anhang 9: Ergänzungen zu den Ergebnissen 9 Monate – Kriterium Schwarzer et al. (2012)	144
Danksagung.....	147
Eidesstattliche Versicherung	148

Zusammenfassung

Im Erwachsenenalter zeigten sich die robustesten psychologischen Geschlechterunterschiede in der Mentalen Rotation (MR). Dem Sexualhormon Testosteron konnten hierbei begünstigende Einflüsse zugeschrieben werden. Auch bei Säuglingen konnten diese Geschlechtereffekte zugunsten des männlichen Kindes entdeckt werden. Andere Arbeitskreise hingegen konnten zeigen, dass nicht das Geschlecht, sondern die Fähigkeit zu Krabbeln der Faktor ist, der bestimmt, ob Kleinstkinder mental rotieren können.

Ziel dieser Promotion war es, den von Moore und Johnson (2008) gefundenen Geschlechtereffekt in einer Längsschnittstudie mit 5 und 9 Monate alten Säuglingen zu replizieren. Zusätzlich sollte untersucht werden, ob pränatale Sexualhormone aus dem Fruchtwasser oder die Fähigkeit zu Krabbeln einen begünstigenden Einfluss auf die MR-Leistung haben.

208 fünf Monate und 168 neun Monate alte Kinder nahmen an den Untersuchungen teil. Es wurde die gleiche Methode, ein Habituationsparadigma, wie bei Moore und Johnson (2008, 2011) verwendet.

Konträr zu den Hypothesen zeigten sich keine Geschlechterunterschiede bei Säuglingen mit 5 oder 9 Monaten in MR. Auch das Krabbeln hatte keinen Einfluss auf MR. Mit 5 Monaten bevorzugten beide Geschlechter das bereits bekannte Objekt. Mit 9 Monaten zeigten sich bei beiden keine Präferenzen. Bei 5 Monate alten Kindern wurden positive Zusammenhänge von MR und Testosteron bei Jungen und Estradiol und MR bei Mädchen gefunden. Die Hormone konnten beim jeweiligen Geschlecht als Prädiktor für die MR-Leistung herangezogen werden.

Die abweichenden Ergebnisse wurden, angelehnt an das Modell von Hunter und Ames (1988), diskutiert. Ausgehend von den geringen Blickzeiten der Kinder wurde davon ausgegangen, dass der Habituationsreiz noch nicht ausreichend verarbeitet worden war. Mit 5 Monaten zog der Habituationsstimulus in der Testphase daher noch mehr Aufmerksamkeit auf

sich und es zeigte sich eine Vertrautheitspräferenz. Es kann angenommen werden, dass sich die 9 Monate alten Säuglinge im Übergang zur Neuheitspräferenz befanden. Dies bedeutet, dass sowohl 5 als auch 9 Monate alte Kinder dem Modell nach mental rotieren können. Geschlechtereffekte wurden nur bezüglich der geschlechtsspezifischen Sexualhormone und ihrem positiven Zusammenhang mit MR deutlich. Die Ergebnisse wurden diskutiert und ein Ausblick auf fortführende Forschung wurde gegeben.

Abstract

In adulthood the most robust psychological sex differences are shown in the field of mental rotation (MR). The sex hormone testosterone is attributed beneficial effects. These gender differences in favor of the male sex could be found in infants, too. In contrast, it has been shown that not the sex but the ability to crawl is the factor determining if an infant is able to mentally rotate.

The aim of this thesis was to replicate the sex effect found by Moore and Johnson (2008) in a longitudinal study with 5 and 9 months old infants. Additionally it was explored, if a beneficial effect of prenatal sex hormones from the amniotic fluid or the ability to crawl could be found.

208 five and 168 nine months old children took part in this study. The method developed by Moore and Johnson (2008, 2011), a habituation paradigm, was used.

Contrary to the hypotheses no gender differences could be shown for 5 or 9 months old infants on MR. Crawling had also no effect on MR. Male and female 5 months old infants favored the familiar object. 9 months olds showed no preferences. For 5 months old children positive correlations could be found for MR and testosterone in boys. In girls, a positive correlation of MR and estradiol could be shown. The hormones could be used as predictors for MR.

These diverging results were discussed using the model of Hunter and Ames (1988). As the children exposed short looking times it was assumed that the habituation stimulus has not been explored enough. Therefore the habituation stimulus drew more attention during the test trials and a familiarity preference was shown for five months olds. It can be hypothesized that 9 months old infants are on the border to the novelty preference. This model implies that both 5 and 9 months old children are able to mentally rotate.

Sex differences were only shown for the gender-specific sex hormones and their positive correlation with MR. The results were discussed and implications for further research were given.

Geschlechterunterschiede in der Mentalen Rotation und ihr Zusammenhang mit Sexualhormonen bei Säuglingen

“Same same but different“

Thai-Englisch für „Ganz gleich und doch anders“

Mentale Rotation (MR) ist eine Form der räumlichen Wahrnehmung und beschreibt die Fähigkeit, zwei- oder dreidimensionale Objekte in der Vorstellung schnell und möglichst genau zu rotieren (Linn & Petersen, 1985). Shepard und Metzler (1971) untersuchten erstmals MR, indem sie ihren Probanden am Computer Zeichnungen von zwei dreidimensionalen Würfelobjekten zeigten (s. Abb. 1). Der zweite Würfel war entweder eine auf der Bildebene oder in der Tiefe rotierte Version des ersten, oder aber eine nicht identische Abbildung, wie z.B. ein Spiegelbild des Originals. Die Versuchspersonen sollten möglichst schnell und dennoch genau entscheiden, ob es sich bei den beiden Würfeln um das gleiche, nämlich rotierte Objekt handelte. Die Ergebnisse zeigten, dass die Reaktionszeit der Probanden mit dem Rotationswinkel linear anstieg, unabhängig davon, ob das Objekt auf der Bildebene oder in der Tiefe rotiert worden war.

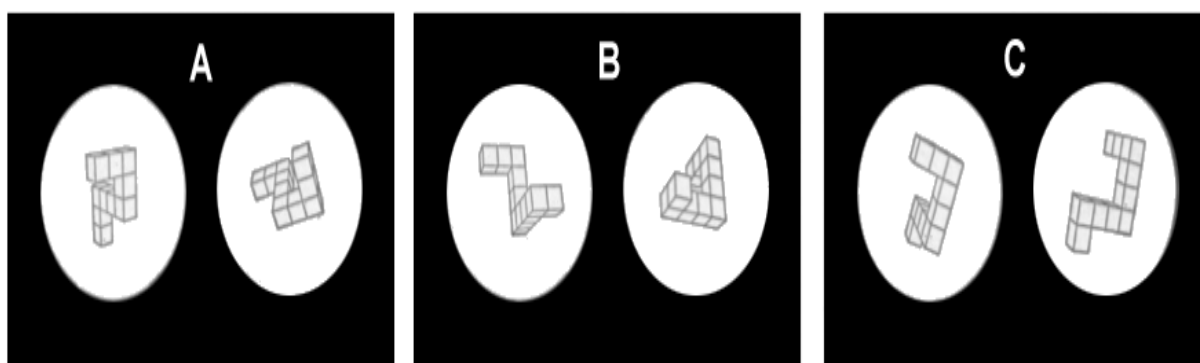


Abbildung 1. Beispiele der Testobjekte von Shepard & Metzler (modifiziert nach Shepard & Metzler, 1971).

Vandenberg und Kuse entwickelten 1978 eine Papierversion des Shepard-Metzler-Tests, den Mental Rotation Test (MRT). Dieser, bzw. seine in Autocad gezeichnete Version mit 20 Items von Peters et al. (1995), kommt laut Voyer, Voyer und Bryden (1995) meist bei der Messung von MR zur Anwendung.

Shepard und Metzler (1971) und nach ihnen auch andere Autoren (wie Kosslyn, 1994; 1995; Shepard & Judd, 1976) sahen MR als einen visuell-räumlichen Prozess an. Kosslyn (1995) postulierte, dass bei dem Prozess der MR bewegte Bilder im visuellen System gebildet würden. Eine Beteiligung des visuellen Kortex konnte auch mit bildgebenden Verfahren nachgewiesen werden. Bei der Lösung des MRT oder anderen MR-Tests zeigte sich eine stärkere Aktivierung insbesondere im rechten Okzipitallappen als bei anderen visuell-räumlichen Testverfahren (z.B. Deutsch, Bourbon, Papanicolaou, & Eisenberg, 1988; Kosslyn & Thompson, 2003; Mazard, Tzourio-Mazoyer, Crivello, Mazoyer, & Mellet, 2004; Mellet, Petit, Mazoyer, Denis, & Tzourio, 1998).

Andere Studien mit bildgebenden Verfahren legten jedoch auch den Einfluss einer motorischen Komponente nahe. So konnte mit Hilfe von funktioneller Magnetresonanztomographie (u.a. Barnes et al., 2000; Cohen et al., 1996) sowie auch der Positronen-Emissions-Tomographie (u.a. Alivisatos & Petrides, 1997; Kosslyn, Thompson, Wraga, & Alpert, 2001) gezeigt werden, dass bei MR der rechte superiore Parietallappen bzw. der linke frontale Kortex und bilateral inferotemporale Regionen aktiviert werden (für eine Übersicht siehe Kosslyn, Ganis, & Thompson, 2001; für eine Meta-Analyse siehe Zacks, 2008). Somit sind mit Motorik assoziierte Regionen ebenfalls bei der MR beteiligt. Der motorische Einfluss konnte auch auf der Verhaltensebene bestätigt werden. Wexler, Kosslyn und Berthoz (1998) ließen Versuchspersonen einen MR-Test durchführen. Parallel sollten sie eine manuelle Rotation mit einem Joy-Stick im oder gegen den Uhrzeigersinn ausführen. Die Autoren konnten zeigen, dass die manuelle Rotation die MR beschleunigte und zu weniger Fehlern führte,

wenn die Richtungen, in die der Reiz und der Joystick rotiert werden mussten, gleich waren. Bei inkompatiblen Richtungen trat aber das Gegenteil ein. Ebenso erleichterte eine kongruente manuelle Rotation, z.B. das Drehen eines Knopfes, kurz vor einer MR-Aufgabe diese (Wohlschläger & Wohlschläger, 1998) wie auch die Planung dieser Handlung allein (Wohlschläger, 2001). Der Autor sah MR als eine verdeckte Simulation einer motorischen Reaktion.

Janczyk, Pfister, Crognale und Kunde (2012) konnten zeigen, dass nicht nur die manuelle Rotation MR erleichtern konnte, sondern, dass umgekehrt MR auch eine manuelle Rotation vereinfachte.

Frick, Daum, Walser und Mast (2009) ließen Erwachsene und Kinder im Alter von fünf, acht und 11 Jahren während einer MR-Aufgabe parallel eine Handbewegung - das Drehen eines Rades mit Handgriff - ausführen. Sie konnten zeigen, dass sich die Effekte der Kompatibilität nur bei den jüngeren Kindern zeigten, aber nicht mehr bei 11-jährigen oder Erwachsenen. Das Stimulusmaterial war im Vergleich zur Studie von Wohlschläger und Wohlschläger (1998) allerdings deutlich einfacher. Die Autoren schlussfolgerten daraus, dass sich die Fähigkeit visuell mentale Aktivitäten und motorische Prozesse zu unterscheiden mit dem Alter entwickelt.

Aber auch andere Befunde legen einen motorischen Einfluss bei der MR nahe. So weisen sowohl Sport als auch Musik eine hohe motorische Komponente auf und setzen eine gute Hand-Auge-Koordination voraus. Obwohl die Befunde nicht ganz eindeutig zu sein scheinen, wies vieles darauf hin, dass Musiker und Sportler bessere Leistungen in MR erzielten (z.B. Pietsch & Jansen, 2012).

Andere Belege für einen motorischen Einfluss konnten bei Kindern mit Spina Bifida (SB) gesammelt werden. SB ist eine Erkrankung, bei der es aufgrund einer Fehlbildung des Neuralrohrs zwischen dem 22. bis 28. Tag der Schwangerschaft zu verschiedenen Beeinträchtigun-

gen bis zur Lähmung der unteren Extremitäten kommen kann. Kinder mit SB schnitten in visuell-räumlichen Aufgaben, auch in MR, schlechter ab (Jansen-Osmann, Wiedenbauer, & Heil, 2008). Wie ein Vergleich mit Kindern mit SB und Hydrocephalus und mit Kindern nur mit Hydrocephalus zeigte, konnte dies auf die motorische Einschränkung zurückgeführt werden. Ein manuelles Training, z.B. das Erlernen von Jonglieren, konnte jedoch die Leistung von SB-Betroffenen in MR verbessern (Lehmann & Jansen, 2012; Wiedenbauer & Jansen-Osmann, 2008). Letzteres ließ sich auch bei gesunden Erwachsenen beobachten. Nach dem Erlernen von Jonglage wurden diese in MR besser (Jansen, Titze, & Heil, 2009). Eine andere Studie (Jansen & Heil, 2010) konnte aufzeigen, dass die motorische Fähigkeit von 5 und 6 Jahre alten Kindern ein signifikanter Prädiktor für ihre Leistungen in einem MR-Test war.

Bereits bei Säuglingen konnte nachgewiesen werden, dass die motorische Entwicklung wie die manuelle Exploration oder die Lokomotion einen Einfluss auf die Entwicklung der mentalen Rotationsfähigkeit hat. Rochat und Hespos (1996) und Hespos und Rochat (1997) untersuchten mit Hilfe eines violation-of-expectation-Paradigmas MR bei 4, 6 und 8 Monate alten Säuglingen. Ein Objekt in Y-Form bewegte sich hierzu im Uhrzeigersinn gedreht nach unten, bis es bei 120° (vier Uhr) hinter einem Sichtschutz verschwand, so dass die weitere Rotation bis auf 180° (sechs Uhr) nicht zu sehen war. Der Sichtschutz wurde entfernt und für das Kind wurde der Reiz entweder in dem möglichen Ausgang, das heißt, dass Y stand durch die Rotation nun auf dem Kopf, oder mit dem unmöglichen Ergebnis, das Y befand sich wie zu Beginn aufrecht, sichtbar. Die Autoren konnten zeigen und replizieren, dass die Säuglinge zwischen 4 und 8 Monaten das unmögliche Resultat signifikant länger betrachteten. Dies werten sie als die Fähigkeit, die Bewegung des Reizes auch hinter der Abdeckung weiter nachvollziehen zu können und demnach mental rotieren zu können. Allerdings benötigen 4 Monate alte Kinder dazu mehr Reize zur Orientierung und kürzere unsichtbare Rotationen. Diese Entwicklung zu mehr Flexibilität mit 6 Monaten brachten die Forscher mit der Fähigkeit des

Sitzens und dem damit verbundenen veränderten manuellen Handlungsspielraum in Zusammenhang.

Den Einfluss von manueller Exploration auf die MR-Leistung untersuchten Frick und Möhring (2012, 2013) und Möhring und Frick (2013) ebenfalls mit einem leicht veränderten violation-of-expectation-Paradigma. Sie konnten zeigen, dass im Alter von 4 Monaten eine Erforschung des Testobjekts mit den Händen noch keinen Einfluss hatte; die Kinder unterschieden nicht zwischen möglichem und unmöglichem Ergebnis. Erst mit 6 und 8 Monaten führte die manuelle Exploration dazu, dass nur die Kinder, die den genutzten Stimulus zuvor ertasten konnten, dazu in der Lage waren, den Reiz mental zu rotieren. Eine alleinige visuelle Betrachtung reichte nicht aus (Frick & Möhring, 2012, 2013). Mit 10 und 11 Monaten konnten die Kinder auch ohne vorherige manuelle Erforschung mental rotieren (Frick & Möhring, 2012). Außerdem konnten die Autoren einen positiven Zusammenhang zwischen den lokomotorischen Fähigkeiten (keine, Rutschen auf dem Bauch, Krabbeln, Laufen) des Kindes und der Dauer der Betrachtung des unmöglichen Ausgangs feststellen, wobei der Größte beim Laufen mit Hilfe zu finden war (Frick & Möhring, 2013).

Schwarzer, Freitag, Buckel und Lofruthe (2012) untersuchten krabbelnde und nicht-krabbelnde 9 Monate alte Kinder mit einem Habituationsparadigma angelehnt an Moore und Johnson (2008, 2011; siehe dazu Kapitel „Mentale Rotation und Geschlechterunterschiede“). Sie fanden heraus, dass nur die krabbelnden Kinder mental rotieren konnten. Diese Befunde konnten sie replizieren und erweitern, indem sie eine weitere motorische Komponente für alle Kinder einfügten (Schwarzer, Freitag, & Schum, 2013). Vor dem eigentlichen Versuch erhielten die Kinder die Möglichkeit Spielzeugblöcke frei manuell zu explorieren. Unabhängig von der Erforschung mit den Händen bevorzugten Krabbler und die nicht-krabbelnden Kinder, die die Objekte frei untersuchen konnten, den neuen Reiz. Dies wurde als Hinweis auf MR gedeutet. Die anderen Nicht-Krabbler präferierten das bekannte Objekt.

Auch diese Befunde legen nahe, dass eine motorische Komponente bei MR eine Rolle spielen kann und Kindergartenkinder und sogar bereits Säuglinge unter gewissen Voraussetzungen mental rotieren können. Unabhängig von einem motorischen Einfluss postulierte Marmor (1975, 1977), dass Kinder mit 4 und 5 Jahren mental rotieren können, während andere Forscher in diesem Alter nur Leistungen im Zufallsbereich bzw. leichte Effekte fanden (Estes, 1998; Frick, Ferrara, & Newcombe, 2013; Frick, Hansen, & Newcombe, 2013; Quaiser-Pohl, Rohe, & Amberger, 2010). Aber auch Frick und Wang (2014) fanden weitere Belege für MR, unabhängig von einer motorischen Fähigkeit, bereits bei Kindern ab 16 Monaten, Örnkloo und von Hofsten (2007) mit 22 Monaten. Moore und Johnson (2008, 2011), Quinn und Liben (2008, 2013) und Lauer, Udelson, Jeon und Lourenco (2015) konnten nur bei männlichen Säuglingen bereits ab dem dritten Lebensmonat MR-Leistungen entdecken.

Mentale Rotation und Geschlechterunterschiede

Im Bereich der MR konnten bisher die größten psychologischen Geschlechterunterschiede beim erwachsenen Menschen gezeigt werden und diese zugunsten von Männern (Linn & Petersen, 1985; Maccoby & Jacklin, 1974a; Voyer et al., 1995). Voyer et al. (1995) konnten in ihrer Meta-Analyse robuste und reliable Unterschiede mit der größten Effektstärke mit durchschnittlich Cohen's $d = 0.56$ finden, wobei dreidimensionale MR-Aufgaben zu größeren Effektstärken führten als zweidimensionale. Im Durchschnitt waren Männer demnach 0.6 Standardabweichungen besser als Frauen. Mit dem MRT mit 20 Items von Peters et al. (1995) waren sogar Effektstärken bis $d = 1.00$ möglich (Voyer et al., 1995). Diese Geschlechterunterschiede wurden auch über verschiedene Kulturen hinweg, in afrikanischen, asiatischen und westlichen Gesellschaften gefunden (für eine Übersicht siehe Puts, Gaulin, & Breedlove, 2007).

Voyer et al. (1995) untersuchten, ob die Geschlechtereffekte über die Lebenszeit hin konstant bleiben. Dazu teilten sie in ihrer Meta-Analyse die Studien in drei Gruppen nach dem Alter der Probanden auf: unter 13 Jahren, zwischen 13 und 18 Jahren und über 18 Jahren. Sie fanden, dass die Effektstärken des Geschlechterunterschieds in der MR (über verschiedene Testverfahren gemessen) mit dem Alter anstiegen ($d = 0.33$ bzw. 0.45 bzw. 0.66). Die größten und robustesten Effekte wurden demnach im Erwachsenenalter gefunden. Aber auch während der Kindheit schienen Jungen besser in MR zu sein als Mädchen.

Die Altersspanne „unter 13 Jahren“, von der Voyer et al. (1995) berichten, ist groß und ungenau, wird die kognitive Entwicklung in diesen Jahren betrachtet. In die Metaanalyse flossen für diese Gruppe auch nur 13 Studien ein. Inzwischen gibt es jedoch weitere Studien, die belegen, dass robuste Geschlechterunterschiede zugunsten der Jungen ab einem Alter von 10 bzw. 11 Jahren aufzutreten scheinen (Geiser, Lehmann, Corth, & Eid, 2008; Geiser, Lehmann, & Eid, 2008; Hoyek, Collet, Fargier, & Guillot, 2012; Jansen, Schmelter, Quaiser-Pohl, Neuburger, & Heil, 2013; Johnson & Meade, 1987; Neuburger, Jansen, Heil, & Quaiser-Pohl, 2011; Titze, Jansen, & Heil, 2010). Der Effekt scheint ab dem 7. bzw. 8. Lebensjahr langsam zu entstehen; es zeigte sich die männliche Überlegenheit zunächst nur in der Genauigkeit der MR bzw. bei bestimmten Aufgabentypen (Heil & Jansen-Osmann, 2008; Jansen et al., 2013; Quaiser-Pohl, Neuburger, Heil, Jansen, & Schmelter, 2014).

Es gibt allerdings auch Studien, die Geschlechterunterschiede bereits bei Säuglingen entdeckten. Sie nutzen fast alle das Habituationparadigma. Als Habituation wird die Gewöhnung an einen Reiz bezeichnet. Aufgrund von wiederholter Präsentation eines Stimulus lässt z.B. das Interesse an diesem Reiz nach. Wird sodann ein neuer, unbekannter Stimulus eingeführt und dieser als solcher erkannt, spiegelt sich dies in einer Steigerung des Interesses wider. Dies wird als Dishabituation bezeichnet (Berk, 2011).

Quinn und Liben (2008, 2013) nutzten in ihrer Studie die Ziffer 1 und ihr Spiegelbild als zweidimensionale Reize in einer visuellen Präferenzaufgabe. In ihrer ersten Studie von 2008 wurden 24 Säuglinge mit 3 und 4 Monaten getestet, davon waren 12 Mädchen. Die Kinder sahen in sieben Habituationstrials zweimal die gleiche Ziffer 1 oder ihr Spiegelbild in einer von acht möglichen Rotationen (im 45°-Winkel) für je 15 Sekunden. In den zwei je 10-sekündigen Testtrials wurde die noch verbliebende Rotation als alter, bekannter Reiz und ihr Spiegelbild als neuer, unbekannter Reiz parallel präsentiert und die Präferenz über die Blickdauer erfasst (vgl. Abb. 2).

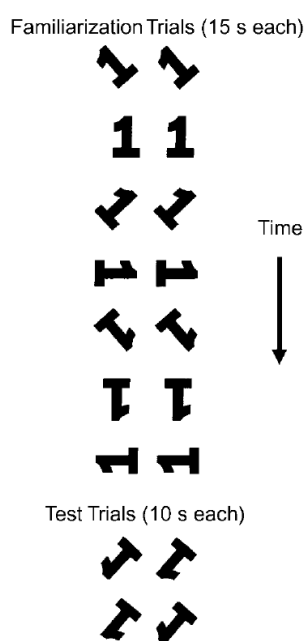


Abbildung 2. Versuchsaufbau von Quinn und Liben (2008). In der Gewöhnungsphase wurde die Ziffer „1“ in sieben verschiedenen Rotationswinkeln zweifach dargeboten. In der anschließenden Testphase wurde die noch nicht gesehene Rotation sowie ihr Spiegelbild über die Darbietungsseite ausbalanciert gezeigt (aus: Quinn & Liben, 2008).

Laut Habituationsparadigma (s.o.) sollte der neue Reiz präferiert werden. Dieser wurde nur dann als neu erkannt, wenn MR stattfand und er als Spiegelbild und demnach als neu identifi-

ziert wurde. Die Jungen zeigten eine signifikante Neuheitspräferenz, während die Mädchen keinen Reiz bevorzugten. 11 von 12 Jungen und nur fünf von 12 Mädchen präferierten das Spiegelbild zu über 50%. Weibliche und männliche Säuglinge unterschieden sich signifikant in ihrer Präferenz für den neuen Reiz ($d = 1.32$; 95%-Intervall: [0.44-2.21]; alle, auch die folgenden Effektstärken und Konfidenzintervalle wurden mit dem online zur Verfügung stehenden Rechner „Practical Meta-Analysis Effect Size Calculator“ von Wilson berechnet; http://www.campbellcollaboration.org/resources/effect_size_input.php). Die Autoren folgerten daraus, dass sich die Geschlechterunterschiede in MR schon in der frühen Entwicklung zeigen (Quinn & Liben, 2008).

Quinn und Liben (2013) replizierten ihre Ergebnisse erfolgreich mit älteren Kindern. Sie untersuchten je 24 Kinder im Alter von 6 bis 7 Monaten bzw. 9 bis 10 Monaten. Auch hier zeigten nur die Jungen eine Neuheitspräferenz mit einer ebenfalls sehr hohen Effektstärke und somit die Fähigkeit zur MR (Gesamtstichprobe: $d = 1.25$, [0.63-1.87]; 0;6-0;7: $d = 1.57$, [0.65-2.48]; 0;9-0;10: $d = 1.10$, [0.24-1.95]). Zehn (6 bis 7 Monate) bzw. 11 (9 bis 10 Monate) Jungen (signifikant) und fünf bzw. sechs Mädchen (nicht signifikant) bevorzugten den neuen Reiz. In einer 2 (Geschlecht) x 2 (Alter)-ANOVA wurde nur das Geschlecht signifikant; das Alter hatte demnach keine Auswirkung auf die Neuheitspräferenz.

Zudem erweiterten sie ihre experimentelle Manipulation um die zugrundeliegenden Mechanismen zu erschließen. Sie gingen der Frage nach, ob Mädchen sensitiver auf die Unterschiede der Winkel beim Gewöhnungsobjekt reagierten als Jungen. Wenn dies zutreffen hätte, hätten demnach weibliche Säuglinge erkannt, dass im Testtrial ein neuer Winkel gezeigt worden ist und ihre Aufmerksamkeit zwischen der neuen Rotation und dem Spiegelbild aufgeteilt. Für beide Prozesse wäre MR nötig gewesen. Die Autoren verwendeten zur Untersuchung dieser Fragestellung eine Diskriminationsaufgabe. Es fand eine Gewöhnung an nur einen Winkel der Ziffer „1“ statt. Anschließend wurde zweimal der schon gesehene Reiz zusammen mit einer „1“ in einem anderen Winkel dargeboten. Wenn Mädchen sensitiver reagierten, müssten

sie den neuen Reiz präferieren, Jungen aber keine Unterschiede zeigen. Dies konnte allerdings nicht festgestellt werden. Beide Geschlechter präferierten signifikant den neuen Reiz und konnten damit Winkel unterscheiden. Einen Geschlechterunterschied in der Neuheitspräferenz gab es nicht. Demnach waren Mädchen nicht sensitiver in der Wahrnehmung der Winkeldifferenzen. Diese Ergebnisse sprachen für die bisherigen Befunde, dass männliche Säuglinge mental rotieren können, weibliche aber nicht.

Zur gleichen Zeit als Quinn und Liben (2008) ihre erste Studie zur MR und Geschlechterunterschiede bei drei Monate alten Kindern mit zweidimensionalen Reizen publizierten, veröffentlichten Moore und Johnson (2008) eine Studie mit dreidimensionalen Reizen bei fünf Monate alten Säuglingen. Diese Untersuchung soll besonders hervorgehoben werden, da sie als Vorlage für die hier dargestellten Studien diene. Die Forscher ließen 40 fünf Monate alte Säuglinge, davon waren 20 Jungen, an ein dreidimensionales Shepard-Metzler-Objekt habituierten (vgl. Abb. 3). Das Würfelobjekt rotierte auf einer vertikalen Achse in einem 240°-Winkel in einer Dauerschleife vor und zurück. In der sich anschließenden Testphase sahen die Kinder entweder den Habituationsreiz (alter Reiz) oder aber sein Spiegelbild (neuer Reiz) in dem noch nicht gesehen Winkelbereich (von 240°-360°) vor- und rückwärts rotieren. Eine Präferenz des neuen Reizes wurde als Fähigkeit zur MR gewertet. Während sich die Kinder nicht in der Habituationszeit oder den nötigen Habituationstrials unterschieden, kam es zu unterschiedlichen Befunden in der Testphase. Es konnte gezeigt werden, dass 70% der Jungen und nur 45% der Mädchen das neue Objekt präferierten. Die männlichen Säuglinge hatten eine signifikant größere Neuheitspräferenz als die weiblichen ($d = 0.65$; [0.02-1.30]). Die weiblichen Säuglinge betrachteten die Stimuli in etwa gleich lang und zeigten keinerlei Präferenz.

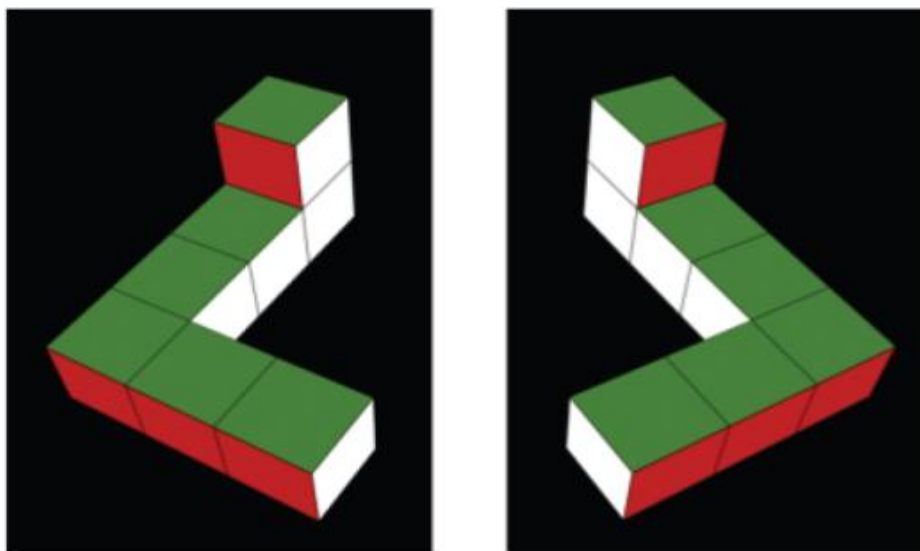


Abbildung 3. Verwendete Reize nach Shepard und Metzler (1971) aus Moore und Johnson (2008). Links befindet sich das L-Objekt und rechts das R-Objekt. Die beiden Reize sind Spiegelbilder voneinander. In der Habituationsphase wurden die Säuglinge an einen der Reize gewöhnt. In der Testphase sahen sie den gleichen Reiz aus einer unbekanntem Perspektive oder aber sein Spiegelbild.

Die Autoren schlussfolgerten, dass nur die Jungen die Objekte unterscheiden konnten und erkannt hatten, dass es sich bei dem einen Objekt um das bereits gesehene aus einem anderen Blickwinkel handelte. Hierfür sei neben einer mentalen Repräsentation der Objekte MR notwendig gewesen – ergo: nur die männlichen Säuglinge waren dazu in der Lage mental zu rotieren.

Moore und Johnson (2011) versuchten ihre Ergebnisse zur MR eines dreidimensionalen Reizes mit einer Stichprobe im gleichen Alter wie bei Quinn und Liben (2008), die zweidimensionale Reize nutzten, zu replizieren. Sie kamen jedoch zu anderen Ergebnissen. Bei den 3 Monate alten Säuglingen zeigte sich eine signifikante Interaktion von Geschlecht und Art des Stimulus ($d = 0.81$; [0.17-1.46]), die Werte sind aufgrund der Präferenz für den alten Reiz als

negativ zu sehen). Allerdings wurde diesmal nicht der neue, sondern der bekannte Reiz von den Jungen länger betrachtet (65% Vertrautheitspräferenz). Die Mädchen zeigten auch hier keine Bevorzugung (45% Vertrautheitspräferenz). Diese zum Teil widersprüchlichen Ergebnisse zu den bisherigen Befunden (Moore & Johnson, 2008; Quinn & Liben, 2008) erklärten die Autoren damit, dass der dreidimensionale Reiz sehr viel komplexer und auch schwieriger für die Kinder zu verarbeiten sei, als ein zweidimensionaler Reiz wie bei Quinn und Liben (2008). Die Verarbeitung sei in der Habituationsphase noch nicht abgeschlossen gewesen und in der Testphase weitergeführt worden (Moore & Johnson, 2008). Mit 5 Monaten seien zumindest die männlichen Säuglinge in ihrer Entwicklung aber so weit, den Reiz abschließend in der Gewöhnungsphase zu verarbeiten.

Eine weitere Studie untersuchte mittels eines Change Detection – Paradigmas mögliche Geschlechterunterschiede bei 50 Säuglingen, die zwischen 6 und 13 Monaten alt waren (Lauer et al., 2015). Hierbei wurden auf einem Bildschirm parallel zwei zweidimensionale Tetrisfiguren dargeboten, die während des Versuchs verschiedene Rotationswinkel einnahmen. Nachdem die Aufmerksamkeit des Kindes mittels eines Attention-Getters auf den Bildschirmmittelpunkt gelenkt wurde, folgte eine Darbietung des Reizes in einem bestimmten Winkel für 500ms. Anschließend wurde ein leerer Bildschirm für 300ms gezeigt. Daraufhin folgte der Reiz in einem neuen Winkel und wieder ein leerer Screen. Bei der dritten Darbietung der Stimuli in einer neuen Rotation wurde einer der Reize zum Spiegelbild. Insgesamt gab es vier Durchgänge dieser Abfolge. Die Reize unterschieden sich nicht mehr als 180° voneinander und wurden randomisiert dargeboten, so wie auch die Testreize in ihrer Position (vgl. Abbildung 4).

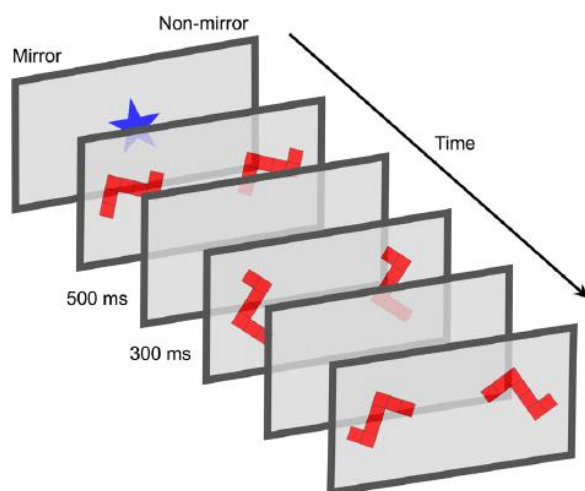


Abbildung 4. Change detection – Paradigma von Lauer et al. (2015). Zwei Reize werden parallel in drei Durchgängen in verschiedenen Rotationswinkeln unterbrochen durch ein Interstimulusintervall dargeboten. Während des letzten Durchgangs ist einer der Reize das Spiegelbild des anderen (aus: Lauer et al., 2015).

Die Autoren fanden heraus, dass sowohl Jungen als auch Mädchen das Spiegelbild überdurchschnittlich länger betrachteten, aber männliche Säuglinge besser diskriminieren konnten ($d = 0.55$; [0.01-1.08]). Diese Ergebnisse korrelierten nicht mit dem Alter der Kinder. Damit widersprechen diese Befunde den bisherigen, oben erwähnten, die zwar auch eine Überlegenheit des männlichen Geschlechts bei Säuglingen fanden, aber keine Hinweise darauf, dass Mädchen ebenfalls schon rotieren können. Sie stimmen mit Quinn und Liben (2008, 2013) überein, die keine Veränderungen über das Alter der Kinder fanden, widersprechen jedoch den Befunden von Moore und Johnson (2008, 2011), bei denen sich die Präferenz über das Alter umkehrt.

Es konnte also sowohl mit statischen zweidimensionalen (Lauer et al., 2015; Quinn & Liben, 2008, 2013) als auch dynamischen dreidimensionalen Reizen (Moore & Johnson, 2008, 2011) gezeigt werden, dass, wie bei Erwachsenen mit anderen Methoden, auch schon männliche

Säuglinge im Alter zwischen 3 und 13 Monaten eine klare Präferenz für einen Reiz zeigen. Dies verdeutlicht auch die Abbildung 5, in der die Konfidenzintervalle zu den in diesem Kapitel berichteten Studien angegeben sind, bei denen sie zu berechnen möglich waren.

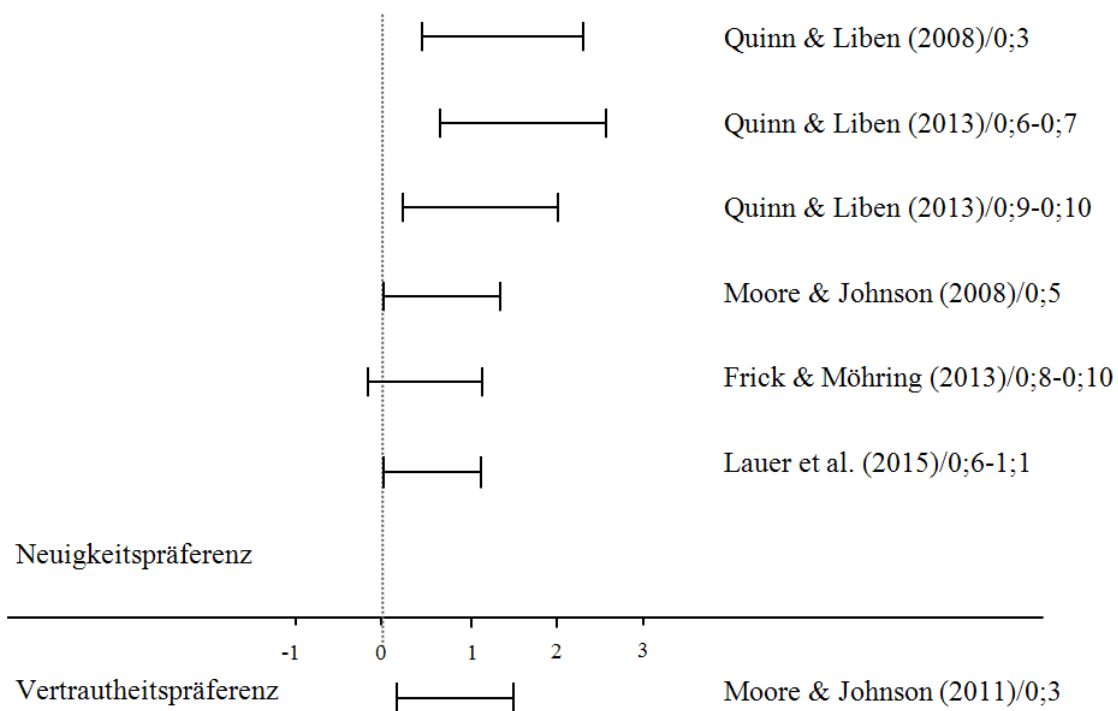


Abbildung 5. Konfidenzintervalle für die Geschlechterunterschiede der Stimuluspräferenz zugunsten der männlichen Säuglinge einiger oben erwähnter Studien. Neben der Quellenangabe befindet sich das Alter der Kinder in Monaten.

Wie deutlich wird, sind die Effekte einheitlich zugunsten der Jungen. Die zweite Untersuchung von Moore und Johnson (2011) ist als eine Art Ausnahme anzusehen, zeigt sich hier eine Vertrautheitspräferenz, diese jedoch nur bei den männlichen Säuglingen.

Damit wiesen die Studien von Moore und Johnson (2008) und Quinn und Liben (2008) das erste Mal nach, dass bereits Säuglinge, zumindest die männlichen, ab drei Monaten dazu in der Lage sind eine hochkomplexe kognitive Leistung, wie sie bei der MR nötig ist, zu erbringen. Ebenso scheinen schon in einem so frühen Alter selbst bei dreidimensionalen Shepard-Metzler-Würfeln (Moore & Johnson, 2008) Geschlechterunterschiede in dem psychologischen Bereich vorzuliegen, der beim Erwachsenen die größten Differenzen zwischen Mann und Frau aufweist. Diese Befunde geben neue Hinweise zur Anlage-Umwelt-Problematik. Sie weisen auf angeborene Ursachen für die gefundenen Geschlechterunterschiede und damit auf einen genetischen Einfluss bei der MR hin. Es bleibt allerdings offen, um welche angeborenen Merkmale es sich handeln könnte. Hierbei könnten z.B. Sexualhormone, in denen sich Männer und Frauen aber auch bereits Embryos pränatal unterscheiden, eine Rolle spielen (siehe Kapitel „Einflussfaktor: Sexualhormone“). Der Einfluss von Umweltfaktoren, der bei Säuglingen wohl am ehesten durch die Eltern geschieht, z.B. durch geschlechtsstereotypisches Verhalten, erscheint weniger plausibel und daher vernachlässigbar (siehe Kapitel „Einflussfaktor: Umwelt“).

Des Weiteren bleibt zu klären, ob es sich bei dem beobachteten Phänomen tatsächlich um MR handelt. Quinn und Liben (2013) konnten in ihrem Experiment mit zweidimensionalen Reizen eine mögliche sensitivere Wahrnehmung der Winkelunterschiede bei Mädchen ausschließen und damit widerlegen, dass weibliche Säuglinge auch mental rotieren können. Bei Moore und Johnson (2008, 2011) ist noch nicht geklärt, ob es sich bei dem beobachteten Phänomen zum Beispiel um unterschiedliches Interesse von Jungen und Mädchen für abstrakte Objekte oder die Wahrnehmung von Richtungsänderungen (R- oder L-Reiz [und auch das jeweilige Spiegelbild] rotieren von ihrer Anfangsposition aus in verschiedene Richtungen) handelt.

Ebenso wurden Kleinstkinder im Alter von 3, 5 und 9 bzw. 13 Monaten untersucht. Es wurde bisher nicht geklärt, ob die gefundenen Effekte über das Alter stabil bleiben. Eine Längs-

schnittstudie wäre hierfür sinnvoll. Des Weiteren ist es unklar, ob die gemessene Leistung in MR im Säuglingsalter einen Prädiktor für die Leistung im Erwachsenenalter darstellt bzw. ob andere Faktoren, wie z.B. pränatale Sexualhormone, die gegebenenfalls auch die Geschlechterunterschiede erklären könnten, eine Vorhersagekraft für die MR-Fähigkeit im Kindes- und Erwachsenenalter haben.

Im nächsten Abschnitt sollen zunächst mögliche Umwelt- und Anlagefaktoren genauer betrachtet werden.

Einflussfaktor: Umwelt

Mögliche Einflüsse der Umwelt geschehen bei Neugeborenen und Säuglingen primär über die Bezugspersonen, da in diesem Alter ein Kontakt zu anderen Kindern meist nur über Geschwisterkinder und seltener mit Gleichaltrigen erfolgt. Bezüglich mentaler Rotation könnten Eltern die Leistung der Kinder in dem Sinne verbessern, indem sie all das verstärken, was die räumliche Wahrnehmung schult. Dies könnte das Spiel mit bestimmten Spielsachen bzw. die Auswahl dieser sein, aber auch z.B. Bewegungen. Die Verstärker könnten sowohl verbal als auch non-verbal sein.

Die Forschung zeigte, dass Eltern bereits ihren Neugeborenen geschlechtskonforme Attribute zuordneten, wie Jungen seien größer, athletischer, hätten größere Hände, bzw. Mädchen seien eher niedlich, klein und hübsch, auch wenn sie sich in objektiven Maßen nicht unterschieden (Karraker, Vogel, & Lake, 1995; Reid, 1994; Rubin, Provenza, & Luria, 1974). Trotzdem wurden in vielen Studien und Meta-Analysen kaum Unterschiede im Verhalten der Eltern gegenüber Jungen oder Mädchen gefunden (Fagot & Hagan, 1991; Lytton & Romney, 1991; Maccoby & Jacklin, 1974b). Eltern unterschieden nicht in ihrer Zuwendung, Interaktion, Sprache, Unterstützung und Restriktionen zwischen Söhnen und Töchtern. Geschlechtstypi-

sches Verhalten während der ersten Lebensjahre schien durch die Erziehungsberechtigten nur gering ausgeprägt über Spielzeuge, -themen und wilderes Spiel bei Jungen zu bestehen (McCoby, 2000).

Speziell für das erste Lebensjahr berichten Fausto-Sterling, Coll und Lamarre (2012) von ähnlichen Ergebnissen, nämlich, dass sich Eltern im Wesentlichen nicht geschlechtsstereotyp gegenüber ihren Kindern verhielten. Im Säuglingsalter würden sich die größten geschlechtsstereotypen Effekte durch die Eltern im Bereich der Sprache zeigen, während bezüglich kindlicher Aktivität oder Spielzeugpräferenz in diesem Alter nur schwache bzw. keine Effekte hervortraten. Mütter sprachen häufiger und nutzten mehr unterstützende Worte bei ihren Töchtern, als bei ihren Söhnen (Leaper, Anderson, & Sanders, 1998). Pomerleau, Bolduc, Malcuit und Cossette (1990) untersuchten u.a. bei Kindern mit 5 Monaten das Vorhandensein geschlechtsstereotypischer Spielzeuge, Kleidung und Kinderzimmereinrichtung. Sie fanden, dass Mädchen mehr Puppen und Jungen erstaunlicherweise bereits mehr Werkzeuge besaßen (weitere Unterschiede in geschlechtstypischem Spielzeug wurden erst mit späterem Alter gefunden). Ebenso hatten Jungen eher blaue Schnuller, Kinderzimmer und Kleidung, während diese bei Mädchen oft pink waren (Pomerleau et al., 1990).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich Eltern wohl weit weniger geschlechtskonform den Kindern gegenüber verhalten, als generell angenommen. Gerade im ersten Lebensjahr sind die Effekte noch gering. So beschreibt auch Oerter (1998) die elterliche Verstärkung als nicht genügend, um die auftretenden Geschlechterunterschiede zwischen Jungen und Mädchen ausreichend zu erklären. Erst im Kindergartenalter entwickelt sich die Geschlechtskonstanz (Berk, 2011). Auch die Bildung von Geschlechterschemata geschieht deutlich später, so dass diese Aspekte außeracht gelassen werden können (ebenda). Die gefundenen Geschlechtsstereotype, die von der Umwelt zwischen dem 5. und 9. Monat erzeugt werden und von denen die Forschung bisher berichtete, weisen keine klaren Indizien als Erklärung für

eine bessere MR-Leistung bei Jungen auf, welche vermutlich am ehesten über entsprechendes Spielzeug zu erwarten wäre. Sie erscheinen für diese Altersgruppe daher vernachlässigbar.

Auch das Imitationslernen als Nachahmung des Verhaltens des eigenen Geschlechts und darüber etwaiges Erlernen räumlicher Fähigkeiten kann außer Acht gelassen werden. Überblicksarbeiten zeigen, dass geschlechtskonformes Verhalten nicht damit zu erklären ist, dass das Kind am gleichgeschlechtlichen Modell selektiv beobachtet und lernt (Barkley, Ullman, Otto, & Brecht, 1977; Maccoby & Jacklin, 1974b).

Einflussfaktor: Sexualhormone

Im folgenden Abschnitt sollen als Anlage-Faktoren, die auf die MR-Fähigkeit wirken können, mögliche Sexualhormone und ihr Einfluss betrachtet werden. Es wird dazu zunächst darauf eingegangen, wie sich der Hormonspiegel von weiblichen und männlichen Personen unterscheidet. Ein besonderer Schwerpunkt liegt hier auf den Hormonen Testosteron (T) und Estradiol (E₂). Anschließend wird über die bisher gefundenen Effekte von Sexualhormonen auf räumliche Fähigkeiten und im Speziellen auf MR berichtet.

Für ein besseres Verständnis folgt ein Abschnitt, indem auf das Prozedere der Amniozentese eingegangen wird, und erläutert wird, inwiefern der Hormonspiegel im Fruchtwasser den des Embryos widerspiegelt. Dies dient dazu, die bisher gefundenen Zusammenhänge von Sexualhormonen, die aus der Amnioflüssigkeit bestimmt wurden, mit diversen kognitiven Fähigkeiten besser zu verstehen. Zum Abschluss wird besonders auf die MR und Verbindungen zu Testosteron und E₂ aus dem Fruchtwasser bei Kindern eingegangen.

Geschlechtsentwicklung und Sexualhormone.

Genetisch unterscheiden sich die Geschlechter im 23. Chromosomenpaar, den Geschlechtschromosomen oder Gonosomen (Hines, 2004). Dabei wird als genetisch männlich angesehen, wer ein X- und ein Y-Chromosom besitzt, und als genetisch weiblich, solche mit zwei X-Chromosomen. Sowohl männliche als auch weibliche Föten haben zunächst morphologisch gleiche, undifferenzierte Keimdrüsen (Gonaden) und Embryonalanlagen - die Müller-Gänge (weiblich) und Wolff-Gänge (männlich; Baron-Cohen, Lutchmaya, & Knickmeyer, 2004; Breckwoldt, 2007; Hines, 2004).

Auf dem Y-Chromosom befinden sich jedoch Gene (testisdeterminierender Faktor), welche bei einer normalen Entwicklung ab der sechsten Schwangerschaftswoche (SSW) dazu führen, dass sich die Hoden, die männlichen Gonaden oder Testikel, ausbilden. Ab der achten SSW produzieren die Hoden hauptsächlich Testosteron (T) und andere männliche Geschlechtshormone (Androgene), die über die Stabilisierung und Weiterentwicklung der Wolff-Gänge zur Bildung von äußeren und inneren Geschlechtsorganen führen. Gleichzeitig wird in den Testikeln das Anti-Müller-Hormon (AMH) gebildet, welches dazu führt, dass sich die Müller-Gänge, aus denen sich sonst Teile der weiblichen Geschlechtsorgane entwickeln würden, verkümmern (Breckwoldt, 2007; Hines, 2004).

Durch das Fehlen von hohen Mengen an T und AMH bilden sich ab der siebten SSW über die Weiterentwicklung und Stabilisierung der Müller-Gänge die weiblichen Geschlechtsorgane, die Eierstöcke oder Ovarien, heraus und die Wolff-Gänge verkümmern. Östrogene sind für diese Entwicklung also nicht bis kaum nötig; die Ovarien sind beim Fötus im Gegenteil noch weitgehend inaktiv und produzieren keine signifikanten Mengen an Hormonen (Breckwoldt, 2007; Cohen-Bendahan, van de Beek, & Berenbaum, 2005).

Sowohl Mädchen als auch Jungen sind im Uterus dennoch auch den jeweils anderen Geschlechtshormonen ausgesetzt. Diese werden unter anderem in der Nebenniere des Kindes

produziert oder aber von der Mutter und der Plazenta (Hines, 2004). Ab der dritten oder vierten SSW produziert die Plazenta durch Aromatisierung von T fast ausschließlich alle Estrogene. Die meisten Estrogene werden in das mütterliche Blut abgegeben, es gibt jedoch auch Konzentrationen im Fruchtwasser und im Fötus selbst. Am meisten ist Estriol (oder Östriol, E₃) vorhanden (Baron-Cohen et al., 2004).

Männliche und weibliche Föten unterscheiden sich demnach pränatal kaum in ihrem E₂-, aber sehr in ihrem T-Spiegel. Ab der achten SSW ist die T-Konzentration bei männlichen Säuglingen höher als bei weiblichen (s. Abb.6).

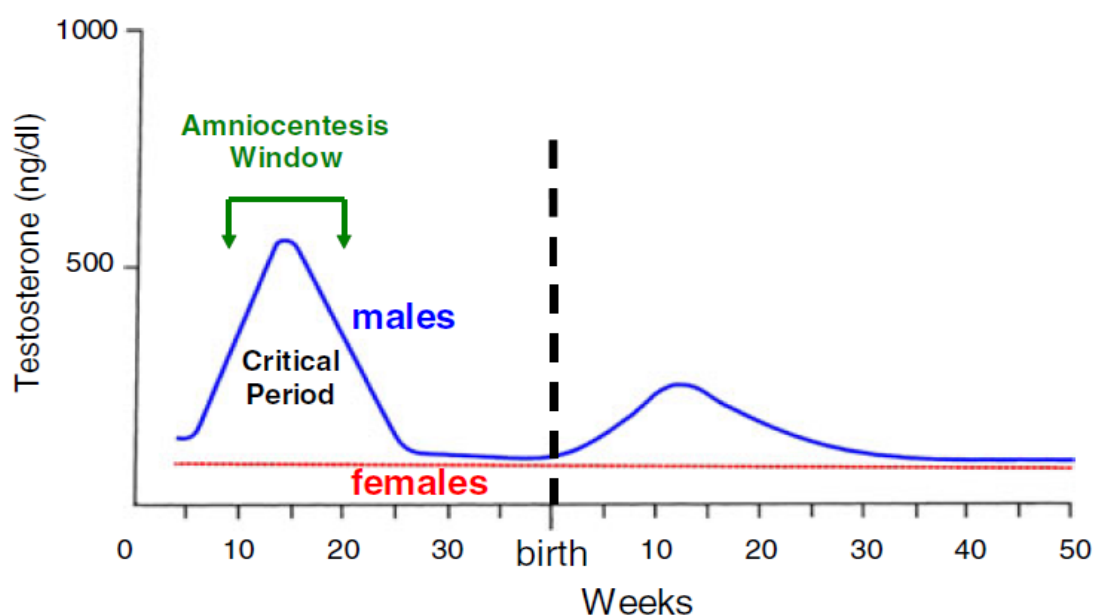


Abbildung 6. Testosteronkonzentration während der Schwangerschaft und nach der Geburt.

Mädchen = gestrichelte, rote Linie, Jungen = durchgezogene, blaue Linie. (aus: Auyeung et al., 2013).

Während bei Mädchen die Konzentration konstant bleibt, steigt sie beim Jungen zwischen der achten und 24. SSW stark an und erreicht um die 16. SSW ihr Maximum (Auyeung, Lom-

bardo, & Baron-Cohen, 2013; Baron-Cohen et al., 2004; für eine Übersicht siehe Cohen-Bendahan et al., 2005; Hines, 2004; Smail, Reyes, Winter, & Faiman, 1981). Dann ist die Testosteron-Konzentration im Fruchtwasser und im Plasma beim männlichen Fötus ca. 2,5-mal so hoch wie beim weiblichen (für eine Übersicht siehe Constantinescu & Hines, 2012; Gitau, Adams, Fisk, & Glover, 2005; Hines, 2004).

Sexualhormone beim Erwachsenen.

Beim Erwachsenen bilden die Gonaden die Geschlechtshormone. So wird im Ovar T an sich, aber auch 90% des Hormons E₂ durch Aromatisierung von T gebildet (Breckwoldt, 2007).

Beim Mann werden T und E₂ im Hoden und vor allem im Fettgewebe durch Aromatisierung von Androgenen gebildet.

T wirkt anabolisch auf Muskeln und Knochen, beeinflusst Haarwachstum und -entwicklung, und beim Mann u.a. Spermatogenese und die Stimmbildung. Im zentralen Nervensystem (ZNS) wirkt es in den verschiedenen Hirnarealen unterschiedlich, dort wird es auch zum Teil zu E₂ aromatisiert. Ein Mangel an Androgenen wird mit depressiver Stimmung, Antriebslosigkeit, Libidoverlust und Impotenz in Zusammenhang gebracht. Aber auch Konzentration, mathematische Begabung und Aggressivität sollen durch T beeinflusst werden (Beuschlein & Reincke, 2006; Pedain, 2012).

Das wichtigste Estrogen ist E₂. Beim Mann wirkt es negativ auf die Androgenbiosynthese, konzentrationsabhängig auf die Spermatogenese und positiv auf die Knochenbildung (Pedain, 2012). Bei der Frau spielen Estrogene und insbesondere E₂ eine wichtige Rolle in der Pubertät und führen zur Ausbildung der weiblichen sekundären Geschlechtsmerkmale. Ebenso beeinflussen sie den Menstruationszyklus und die Schwangerschaft. Extragenital wirken sie auf Hauterneuerung und -durchblutung und das Bindegewebe. Sie haben einen positiven Einfluss

auf die Stimmung, den Antrieb und den Fettstoffwechsel und wirken anabolisch (Pedain, 2012).

Organisierende und aktivierende Effekte von Sexualhormonen und räumlichen Fähigkeiten

Den Hormonen werden sowohl organisierende als auch aktivierende Effekte zugeschrieben. Organisierend wirken sie meist prä- und perinatal während einer sensitiven Phase auf das Gehirn (Auyeung et al., 2013; Baron-Cohen et al., 2004) und führen zu permanenten Effekten (Eckel et al., 2008). Sie scheinen schon im Mutterleib einen direkten Einfluss z.B. auf die sexuelle Identität und das psychische Geschlecht des Menschen zu haben (Breckwoldt, 2007; Hines, 2004). Indirekt beeinflussen sie postnatale kognitive Fähigkeiten z.B. über Präferenzen von Aktivitäten (Berenbaum, Bryk, & Beltz, 2012; Valla & Ceci, 2011).

Als wichtige sensitive Perioden werden zum einen die achte bis 24. SSW angesehen, aber auch die ersten fünf Lebensmonate, in denen der T-Spiegel beim Jungen sehr viel höher ist, als beim Mädchen. Beide Geschlechter sind pränatal hohen Mengen von Estrogenen ausgesetzt über deren organisierende pränatalen Effekte bisher nur wenig bekannt ist (Cohen-Bendahan et al., 2005). Sie scheinen insbesondere aktivierende Effekte zu haben. Letztere sind vorübergehende Einflüsse, wie sie beim Menstruationszyklus auftreten (Baron-Cohen et al., 2004; Cohen-Bendahan et al., 2005; Hines, 2004).

Organisierende Effekte.

Bei Studien mit nicht-menschlichen Säugetieren konnte vielfach belegt werden, dass pränatales T differenzierend auf das Verhalten wirkt, wobei hohe Mengen maskulinisierend und geringe Mengen feminisierend wirken (Constantinescu & Hines, 2012; Hines, 2011). Dass dies auch für den Menschen zutrifft, konnte in Studien mit Personen gezeigt werden, die aufgrund von genetischen Erkrankungen bzw. durch Medikamente während der Schwangerschaft anderen Hormonumgebungen ausgesetzt waren.

Organisierende Effekte beim Tier.

Diverse Studien konnten aufzeigen, dass eine neonatale Gabe von T bei weiblichen Ratten das Labyrinth-Lernen verbesserte, während die Gabe von E₂ es verschlechterte. Ebenso steigerte eine frühe Androgenbehandlung die Leistung von Weibchen im Labyrinth, verringerte aber die von Männchen. Auch verschlechterte sich durch eine neonatale Kastration beim Männchen das Lernen im Labyrinth (für eine Übersicht siehe Puts, McDaniel, Jordan, & Breedlove, 2008).

Die Experimente beim Tier weisen also darauf hin, dass beim weiblichen Lebewesen ein positiver Zusammenhang zwischen T und ein negativer zwischen E₂ und räumlichen Fähigkeiten vorliegt. Beim Männchen scheint ein umgedreht U-förmiger Zusammenhang von T und räumlichen Fähigkeiten vorhanden zu sein.

Organisierende Effekte beim Menschen.

Einige Befunde zu organisierenden Effekten stammen von Personen, die pränatal einem erhöhten oder aber erniedrigten Hormonspiegel ausgesetzt waren.

Erhöhte pränatale Androgenkonzentration – Androgenitales Syndrom.

Besondere Aufmerksamkeit ist hierbei Kindern mit Androgenitalem Syndrom (CAH, Congenital adrenal hyperplasia) gegeben worden. CAH ist eine genetisch-bedingte Stoffwechselerkrankung, welche zu einem Enzymdefizit führt, so dass u.a. die Bildung von Cortisol gestört ist. Aufgrund des niedrigen Cortisol-Levels veranlasst der Hypothalamus, dass vermehrt Vorstufen von Cortisol in der Nebennierenrinde gebildet werden. Da dort auch die Androgenbildung bei Mädchen stattfindet, haben weiblichen Embryos mit CAH ähnliche Androgenwerte wie gesunde männliche Föten. Dies kann sich in unterschiedlich starker Maskulinisierung der äußeren Geschlechtsorgane niederschlagen. Wird CAH nach der Geburt erkannt, erhält das Kind postnatal eine Hormonbehandlung (Hines, 2004). Aufgrund der deutlich erhöhten pränatalen Androgenwerte bei Mädchen mit CAH wurden diese oft im Vergleich mit gesunden Geschwisterkindern untersucht. So wurden u.a. Belege für maskulines Spielverhalten gefunden (z.B. Berenbaum et al., 2012).

In Bezug auf die räumliche Wahrnehmung oder genauer MR würde eine bessere Leistung der CAH-Mädchen für einen organisierenden Einfluss von Androgenen auf eben diese kognitive Fähigkeit bedeuten. Einige Studien fanden solche besseren räumlichen Fähigkeiten, andere wiederum nicht bzw. gegenteilige Effekte (für einen Überblick siehe Hines, 2004; Puts et al., 2007; Puts et al., 2008). Bei Jungen mit CAH gab es ebenfalls uneindeutige Befunde. Einige Untersuchungen berichteten von schlechteren räumlichen Fähigkeiten, andere fanden diese nicht (für eine Übersicht siehe Puts et al., 2008). Nur wenige Studien nutzten jedoch MR-Aufgaben zur Messung der räumlichen Fähigkeiten. Während Hines et al. (2003) keine Unterschiede bei den CAH-Frauen im Vergleich zu gesunden Verwandten und eine schlechtere Leistung bei CAH-Männern feststellten, fanden Resnick, Gottesman, Berenbaum und Bouchard (1986) und Berenbaum et al. (2012) signifikant bessere MR-Fähigkeiten bei weibli-

chen Probanden mit CAH und keine Unterschiede bei männlichen jeweils im Vergleich zu gesunden Verwandten gleichen Geschlechts.

Puts et al. kamen in ihrer Meta-Analyse von 2008 jedoch zu dem Schluss, dass Mädchen und Frauen mit CAH bessere räumliche Fähigkeiten haben als nicht betroffene Frauen (kleine bis mittlere Effektstärken). Männer mit CAH sind hingegen schlechter als gesunde Kontrollprobanden.

Diese Ergebnisse würden einen organisierenden Einfluss von T in dem Maße nahelegen, dass eine erhöhte T-Konzentration bei Frauen zu einer besseren und bei Männern zu einer schlechteren Leistung in räumlichen Fähigkeiten führt.

Erniedrigte Androgenkonzentration – Idiopathischer hypogonadotroper Hypogonadismus und komplette Androgenresistenz.

Beim idiopathischen hypogonadotropen Hypogonadismus (IHH) kommt es zu einer verringerten Hormonproduktion in den Gonaden (Hines, 2004). Männer mit IHH, die vor der Pubertät zum Ausdruck kam, hatten verminderte räumliche Fähigkeiten, auch in der mentalen Rotation von zweidimensionalen Reizen. Begann die Erkrankung nach der Pubertät, zeigten sie dies nicht. Eine Behandlung mit T verbesserte die Leistung nicht (für eine Übersicht siehe Hines, 2004).

Menschen mit kompletter Androgenresistenz (Complete androgen insensitivity syndrome, CAIS) sind genetisch männlich (XY) und haben innenliegende Hoden. Die Testosteronproduktion ist ungestört, aber es liegt eine Störung der Androgenrezeptoren und somit eine Resistenz gegen Androgene wie T vor. Dadurch ist der Phänotyp der Betroffenen weiblich (Imperato-McGinley et al., 1982 in Puts et al., 2008). Personen mit CAIS waren schlechter in räum-

lichen Fähigkeiten als ihre männlichen und nicht-betroffenen weiblichen Verwandten (Imperato-McGinley, Pichardo, Gautier, Voyer, & Bryden, 1991 in Puts et al., 2008).

Ein niedriger Androgenspiegel scheint demnach die MR-Fähigkeiten zu reduzieren.

Erniedrigte Androgen- und Estrogenkonzentration – Turner-Syndrom.

Beim Turner-Syndrom liegt eine genetische Erkrankung der Frau mit nur einem intakten X-Chromosom vor, so dass sich die Eierstöcke bereits pränatal zurückbilden und ihre Fähigkeit Hormone zu produzieren eingeschränkt bzw. ganz eingestellt wird (Hines, 2004). Die Androgen- und Estrogenproduktion ist demnach sehr niedrig (Puts et al., 2007).

Mädchen oder Frauen mit Turner-Syndrom zeigten verminderte räumliche Fähigkeiten, die sich auch nach 2-jähriger Androgenbehandlung nicht verbesserten (für eine Übersicht siehe Hines, 2004; Murphy et al., 1994). Die geringeren Leistungen hatten sie auch im Bereich der MR (Rovet & Netley, 1980).

Eine niedrigere T- und/oder E₂-Konzentration oder eine Kombination beider führt demnach bei der Frau zu schlechteren Ergebnissen in MR.

Erhöhte Estrogenkonzentration – Diethylstilbestrol.

Diethylstilbestrol (DES) ist ein synthetisches Estrogen, welches fälschlicherweise in westlichen Nationen in den 1940er-1970er Jahren schwangeren Frauen ab der achten Schwangerschaftswoche zur Vorbeugung von Fehlgeburten gegeben wurde. Da es sich um ein nicht-steroides Estrogen handelt, ist die Wahrscheinlichkeit größer, dass es in seiner biologisch aktiven Form das Gehirn erreicht (Hines, 2004).

Bei Frauen, deren Mütter DES eingenommen hatten, konnten keine Unterschiede in der mentalen Rotationsleistung bei zwei- oder dreidimensionalen Tests im Vergleich zu ihren Schwestern, die nicht dem Medikament ausgesetzt waren, gefunden werden. Jungen mit DES zeigten eine schlechtere Leistung in räumlichen Fähigkeiten (für eine Übersicht siehe Liben et al., 2002). Diese Befunde würden darauf hinweisen, dass eine erhöhte Estrogenkonzentration keine organisierenden Effekte beim Mädchen haben, beim Jungen aber ein negativer Zusammenhang zur MR besteht.

Zwillinge.

Auf organisierende Effekte weisen auch Studien mit zweieiigen Zwillingen hin. Diese konnten zeigen, dass Frauen mit einem Zwilling Bruder besser in MR waren, als Frauen mit einer Zwillingsschwester (Cole-Harding, Morstad, & Wilson, 1988; Heil, Kavsek, Rolke, Beste, & Jansen, 2011; Vuoksima et al., 2010). Auch zeigte sich der Trend, dass Männer mit einer Zwillingsschwester eine bessere MR-Leistung aufwiesen als Männer mit einem gleichgeschlechtlichen Zwilling (Vuoksima et al., 2010). Frauen mit einem wenig älteren Bruder oder aber mit einer älteren Schwester unterschieden sich hingegen nicht voneinander (Heil et al., 2011).

Dies weist daraufhin, dass mehr T bei Frauen pränatal zu einer Maskulinisierung des Verhaltens und zu einer Verbesserung der MR-Leistung führt, zu viel T (zwei männliche Zwillinge) bei Männern anscheinend die MR-Fähigkeit verschlechtert.

2D:4D-Fingerlängenverhältnis.

2D:4D beschreibt das Längenverhältnis vom Zeigefinger zum Ringfinger. Bei Frauen sind beide Finger in etwa gleich lang, während bei Männern der Ringfinger (4D) in der Regel länger ist als der Zeigefinger (2D; Manning, Scutt, Wilson, & Lewis-Jones, 1998). Diese Unterschiede ließen sich bereits pränatal feststellen (Malas, Dogan, Evcil, & Desdicioglu, 2006). Bei Erwachsenen fanden Manning et al. (1998) bei Männern einen negativen Zusammenhang mit T und bei beiden Geschlechtern einen positiven mit E₂. Die Autoren schlussfolgerten daraus, dass schon pränatale Geschlechtshormone zur Bildung des Fingerlängenverhältnisses beitragen und dieses demnach die Hormonkonzentration abbilde.

Zwei Forschergruppen untersuchten pränatale Hormone und mögliche Zusammenhänge mit dem Fingerlängenverhältnis. Lutchmaya, Baron-Cohen, Raggatt, Knickmeyer und Manning (2004) fanden zwar nur tendenzielle Unterschiede in 2D:4D zwischen zwei Jahre alten Jungen und Mädchen, konnten jedoch nachweisen, dass das Fingerlängenverhältnis signifikant negativ mit pränatalem T und positiv mit E₂ korrelierte; beides erfasst über das Fruchtwasser. Ventura, Gomes, Pita, Neto und Taylor (2013) fanden nur für weibliche Neugeborene einen negativen Zusammenhang von 2D:4D und pränatalem T aus der Amnioflüssigkeit.

Viele Studien untersuchten mögliche Zusammenhänge von 2D:4D als möglichen Indikator für pränatale Androgene und räumliche Fähigkeiten und kamen zu unterschiedlichen Ergebnissen; sie fanden positive, negative oder gar keine Zusammenhänge. Puts et al. (2008) fassten diese Studien in ihrer Meta-Analyse zusammen und berichteten von kaum vorhandenen Zusammenhängen zwischen 2D:4D und räumlichen Fähigkeiten. Die Effektstärken, bestimmt über den Korrelationskoeffizienten von 2D:4D und räumlicher Wahrnehmung, bewegten sich im Bereich von 0.005 für Frauen, bis -0.068 für Männer.

Es bleibt also fraglich, inwiefern 2D:4D nun ein Indikator für die pränatale Hormonkonzentration ist. Demnach sind mögliche Zusammenhänge mit räumlichen Fähigkeiten auch mit Skepsis zu betrachten.

Zusammenfassung von organisierenden Einflüssen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass organisierende Effekte von Sexualhormonen vorzuliegen scheinen. Allerdings ist die Menge der Studien bisher überschaubar und kommt auch nicht immer zu konsistenten Ergebnissen. Estrogene scheinen beim weiblichen Fötus keine organisierenden Effekte zu haben, während sie beim männlichen die MR-Leistung verschlechtern. Während beim weiblichen Geschlecht ein positiver linearer Zusammenhang zwischen T und MR vorhanden zu sein scheint, ist beim männlichen von einem umgedreht U-förmigen auszugehen.

Aktivierende Effekte.

Hormone scheinen auch aktivierende Effekte auf die räumlichen Fähigkeiten zu haben. Bisher ist noch unklar, wie genau der Zusammenhang von z.B. T mit MR aussieht. Es wurden bei Männern und Frauen sowohl lineare (z.B. Hausmann, Slabbekoorn, Van Goozen, Cohen-Kettenis, & Gunturkun, 2000; Silverman, Kastuk, Choi, & Phillipis, 1999), wie auch kurvilineare (z.B. Courvoisier et al., 2013; Gouchie & Kimura, 1991) oder auch keine Zusammenhänge (z.B. Halari et al., 2005) gefunden. Unklar bleibt jedoch, ob diese Zwischensubjektstudien auf aktivierende oder organisierende Einflüsse zurückzuführen sind. Studien mit Frauen in unterschiedlichen Stadien des Menstruationszyklus oder nach der Menopause, bei der Einnahme von Hormonen wie bei oralen Kontrazeptiva oder Hormontherapien, wie z.B. bei Transsexuellen, können Aufschluss geben.

Aktivierende Effekte beim Tier.

In Bezug auf Androgene gibt es nur wenige Befunde bei Tieren, dass T einen aktivierenden Einfluss auf die räumlichen Fähigkeiten haben könnte. Männliche Wühl- und Weißfußmäuse waren nur während der Paarungszeit, wenn der T-Spiegel erhöht ist, besser in räumlichen Aufgaben als Weibchen. Eine Kastration von männlichen Ratten hatte andererseits keinen Effekt auf räumliche Fähigkeiten (für eine Übersicht siehe Puts et al., 2008).

Es scheint ein umgedreht U-förmiger Zusammenhang zwischen Estrogenen und räumlichen Fertigkeiten bei weiblichen Tieren vorzuliegen. So zeigten sich schlechtere Leistungen während des Zyklus sowie im letzten Drittel der Schwangerschaft der Ratte und während der Paarungszeit bei der Feldmaus, wenn der Estrogenspiegel hoch war. Bei sehr niedriger Estrogenkonzentration, z.B. wegen Entfernung der Eierstöcke, waren Ratten allerdings ebenfalls schlechter (für eine Übersicht siehe Puts et al., 2008).

Aktivierende Effekte beim Menschen.

Unterschiede in der Estrogenkonzentration – Menstruationszyklus.

Die Estrogen-Konzentration ist während des Menstruationszyklus unterschiedlich hoch. Zur Zeit der Follikelphase (Zeitraum zwischen Menstruation und Eisprung) ist der E₂-Spiegel niedrig, während der lutealen Phase (Zeit zwischen Eisprung und Menstruation) hoch (Hampson, 2008). Zu den Auswirkungen auf räumliche Fähigkeiten gibt es keine klaren Ergebnisse (für eine Übersicht siehe Hines, 2004). Speziell für die MR (insbesondere MRT) deutet die Befundlage aber auf eine bessere Leistung während der Follikelphase, wenn die E₂-Konzentration niedrig ist, hin (Hampson, Levy-Cooperman, & Korman, 2014; Hausmann et al., 2000; Maki, Rich, & Rosenbaum, 2002; Mäntylä, 2013; McCormick & Teillon, 2001; Phillips & Silverman, 1997; Silverman & Phillips, 1993; Simic & Santini, 2012). Es gibt auch

hier Studien, die keine Unterschiede zwischen den Menstruationsphasen (Epting & Overman, 1998; Gordon & Lee, 1993; Kozaki & Yasukouchi, 2009; Wharton et al., 2008) oder Gegenteiliges (Simic, Tokic, & Pericic, 2010) gefunden haben. Nur wenige Studien erfassen jedoch direkt die Hormone. Diese Arbeiten konnten allerdings einen negativen Zusammenhang von E_2 und MR-Leistung finden (Hampson et al., 2014; Hausmann et al., 2000; Maki et al., 2002). Dietrich et al. (2001), die keinerlei Unterschiede in der MR-Leistung zwischen Männern und Frauen in verschiedenen Zyklusphasen fanden, konnten zeigen, dass sich Männer und Frauen mit niedrigem Estrogenspiegel in der Aktivierung ihrer Gehirnregionen nicht unterschieden. Während sich bei hohem Estrogenspiegel die Lateralisierung und Lokalisierung nicht änderte, vergrößerte sich jedoch die Größe der Aktivierung signifikant.

Hormonelle Behandlung – Orale Kontrazeptiva, Hormon-Therapie.

Hormonbehandlungen kommen z.B. bei Transsexuellen bei der Geschlechtsumwandlung, aber auch bei Hormondefiziten und bei der Empfängnisverhütung vor.

Mann-zu-Frau-Transsexuelle (MF) erhalten Estrogene und Antiandrogene, während Frau-zu-Mann-Transsexuelle (FM) mit T behandelt werden. Die Einnahme von T führte bei FM zu einer Verbesserung der MR-Fähigkeiten (Van Goozen, Cohen-Kettenis, Gooren, Frijda, & Vandepoll, 1994, 1995), während es bei einer Hormonbehandlung bei MF mit E_2 zu einer Verschlechterung kam (Van Goozen et al., 1995). Diese Effekte konnten die Autoren in einer weiteren Studie nicht replizieren. Dies führten sie auf eine veränderte Stichprobe (nur Homosexuelle) zurück (Van Goozen, Slabbekoorn, Gooren, Sanders, & Cohen-Kettenis, 2002), das wenig überzeugend erscheint.

O'Connor, Archer, Hair und Wu (2001) fanden keine Unterschiede in räumlichen Fähigkeiten zwischen hypogonadotropen Männern, die eine T-Behandlung erhielten, und einer gesunden

Kontrollgruppe. Alexander et al. (1998) fanden dies auch nicht bei MR-Aufgaben. Ross et al. (2003) konnten ebenfalls keine Unterschiede bei Mädchen mit Turner-Syndrom, die eine Behandlung mit T bzw. mit einem Placebo erhielten, finden.

Orale Kontrazeptiva („Pille“) enthalten Ethinylestradiol und ein Gestagen, welche die körpereigene Produktion von Steroidhormonen in den Eierstöcken hemmen und darüber den Estradiolspiegel verringern. Frauen, die die Pille einnahmen, zeigten manchmal eine bessere MR-Leistung (McCormick & Teillon, 2001; Silverman & Phillips, 1993), aber auch verlängerte Reaktionszeiten (Griksiene & Ruksenas, 2011) oder keinerlei Unterschiede (Gordon & Lee, 1993; Wharton et al., 2008) bzw. abhängig von der Art der Pille (Präparate mit unterschiedlichem Gestagen; Wharton et al., 2008) im Vergleich zu Frauen mit normalem Zyklus.

Bei Frauen verringert sich mit dem Alter natürlich oder durch eine Hysterektomie hervorgerufen in der Menopause unter anderem der Estradiolspiegel, so dass dieses Hormon in Form von Medikamenten gegen die begleitende Symptomatik gegeben wird. Wolf et al. (1999) untersuchten verschiedene kognitive Bereiche, unter anderem auch MR, bei Frauen, die sich in der Postmenopause befanden, und entweder eine Behandlung mit E₂ oder einem Placebo erhielten. Die beiden Gruppen unterschieden sich nicht in ihren Leistungen. Auch eine größere aufgenommene Dosis von E₂ führte zu keinem besseren Ergebnis innerhalb der Experimentalgruppe. Auch bei Frauen mit Hysterektomie zeigten sich keine Verbesserungen nach der Gabe von E₂ allein oder in Kombination mit Progesteron im Vergleich zu einer Placebogruppe (Wolf, Heinrich, Hanstein, & Kirschbaum, 2005). Duka, Tasker, und McGowan (2000) hingegen konnten bei Frauen in der Menopause unter Estradiolgabe eine Verbesserung in der MR finden.

Zusammenfassung aktivierende Effekte.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Einiges eher für einen negativ linearen Zusammenhang zwischen Estrogenen und MR spricht, die Befunde aber dennoch oft sehr widersprüchlich sind. T scheint andererseits keine aktivierenden Effekte auf die MR beim Menschen zu haben (Puts et al., 2007). Hines (2004) beschreibt die bisherigen Befunde zu aktivierenden Einflüssen von T und E₂ sogar als nicht existierend (S. 180).

Amniozentese

Die Amniozentese (Fruchtwasseruntersuchung) ist die Punktion der Fruchtblase zur Gewinnung von Fruchtwasser und Amnionzellen zur pränatalen Diagnostik des Kindes, die meist während des zweiten Trimesters der Schwangerschaft durchgeführt wird, optimaler Weise nach Abschluss der 15. SSW. Sie wurde bis vor kurzem zur Abklärung von Chromosomenschäden durchgeführt und war z.B. bei höherem mütterlichen Alter, bei einem auffälligen Ultraschall oder familiärer Vorbelastung indiziert (Gressner & Arndt, 2007).

Unter steter Ultraschallkontrolle wird eine dünne Nadel in die Fruchthöhle eingeführt und 15-20 ml Fruchtwasser entnommen. Von der Amnionflüssigkeit werden Zellkulturen angelegt, die auf mögliche Chromosomenschäden hin untersucht werden. Da es sich hierbei um einen invasiven Eingriff handelt, ist die Prozedur mit einem Komplikationsrisiko verbunden. So ist das Risiko für Fehlgeburten um 0,5% erhöht (Gressner & Arndt, 2007).

Seit 2012/2013 bieten verschiedene Firmen in Deutschland eine non-invasive Untersuchung des mütterlichen Blutes auf mögliche Chromosomenanomalien an. Dabei wird das mütterliche Plasma auf fötale zellfreie DNS und mRNS der Plazenta untersucht (Fairbrother, Johnson, Musci, & Song, 2013; Go, van Vugt, & Oudejans, 2011; Nicolaides, Syngelaki, Gil, Antanasova, & Markova, 2013). Da es sich hierbei um eine risikofreie Methode handelt, die sogar

schon im ersten Trimester durchgeführt werden kann und sehr genaue Ergebnisse liefert, hat dieses Verfahren die Amniozentese weitestgehend abgelöst, so dass letztere oft nur noch bei einem auf Chromosomenschäden hin positiv getesteten Ergebnis durchgeführt wird (Brezina & Kearns, 2014).

Die Amniozentese wird während des zweiten Trimesters der Schwangerschaft meist nach Abschluss der 15. SSW durchgeführt. Zu diesem Zeitpunkt herrscht die größte Differenz in der Testosteronkonzentration zwischen den Geschlechtern und das Fruchtwasser entspricht weitestgehend dem fetalen Serum (s.u.). Die Hormonbestimmung aus Amnionflüssigkeit scheint demnach eine gute Methode zu sein, um den fetalen Hormonspiegel zu dieser Zeit widerzuspiegeln.

Fruchtwasser und Sexualhormone

Das Fruchtwasser ist eine Körperflüssigkeit, die dem Fötus freie Bewegungen in der Amnionhöhle ermöglicht und das Verwachsen vom Fötus mit dem Amnion verhindert. Zudem hat es bei der Lungenreifung des Fötus eine wichtige Funktion (Gressner & Arndt, 2007). Das Fruchtwasser wird durch Sekretion aus dem Amnion, Filtration aus der Plazenta und Nabelschnur und dem kindlichen Urin gebildet. Es besteht zu fast 99% aus Wasser. Resorbiert wird es zu Beginn der Schwangerschaft primär durch die Blutbahn der Mutter und im Verlauf durch den Fötus über die Nabelschnur und die Plazenta zur Mutter. Während des ersten Viertels der Schwangerschaft ist die physikochemische Zusammensetzung der Amnionflüssigkeit noch wie das mütterliche Plasma. Dies ändert sich schon während des zweiten Schwangerschaftsviertels. Hier ist es primär ein Filtrat des fetalen Plasmas (Wolff, 2004). Das Fruchtwasser diffundiert bis zur 20. SSW durch die Haut des Fötus. Ab der 12.-14. SSW beginnt der Fötus mit der Urinproduktion, so dass die Amnionflüssigkeit ab der zweiten Schwanger-

schaftshälfte (ca. 20. SSW) dann fast nur noch aus fetalem Urin besteht. Bis zur 38. SSW steigt die Flüssigkeitsmenge bis auf 1500 ml an und wird alle 2-3 Stunden komplett ausgetauscht (siehe Abb. 7; Wolff, 2004).

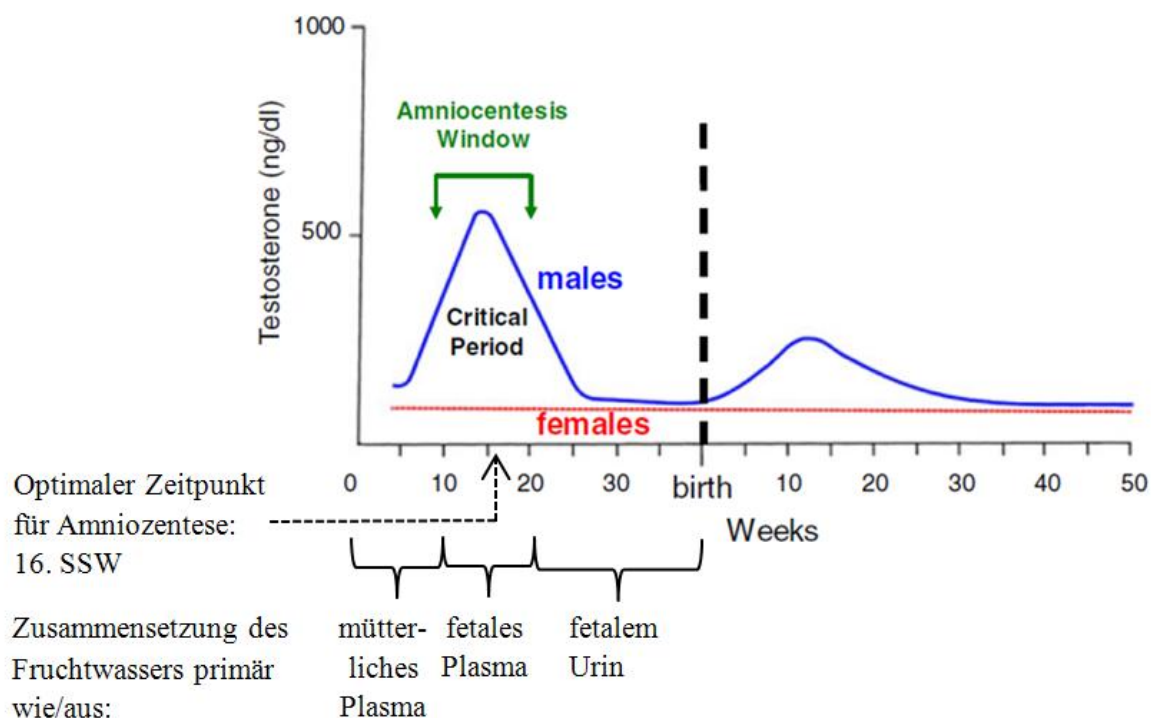


Abbildung 7. Schwankungen von Testosteron während der Schwangerschaft und nach der Geburt im Zusammenhang zur weiteren Zusammensetzung des Fruchtwassers und Zeitpunkt der Amniozentese. Jungen = durchgezogene Linie, Mädchen = gestrichelte Linie. (Modifiziert nach Auyeung et al., 2013).

Auch im Fruchtwasser sind die Geschlechtshormone nachweisbar. Die Plazenta reguliert den Stoffaustausch zwischen Mutter und Kind. Sie ist wichtig für die Sauerstoffversorgung, Ernährung, aber auch Abgabe von Stoffwechselprodukten (Geist & Ahrendt, 2007). Sie produ-

ziert selber Hormone. Die Plazenta ist aber für die meisten Hormone undurchlässig, so dass der Fötus größtenteils unabhängig von den Hormonen der Mutter ist (Baron-Cohen et al., 2004). Dies konnten u.a. Studien belegen, die die Konzentration von T aber auch E₂ im mütterlichen Serum zum Zeitpunkt der Amniozentese mit dem aus dem Fruchtwasser verglichen (für eine Übersicht siehe Cohen-Bendahan et al., 2005).

Für die Hormonbestimmung des Fötus scheint die Analyse des Fruchtwassers gut geeignet zu sein. Die Androgene können entweder durch Diffusion durch die Haut des Fötus während der frühen Schwangerschaft oder aber durch den fötalen Urin in der zweiten Hälfte der Schwangerschaft in die Amnionflüssigkeit gelangen. Aufgrund des osmotischen Drucks entspricht die Konzentration der Amnionflüssigkeit der extrazellulären Flüssigkeit des Kindes (Geist & Ahrendt, 2007). Rodeck, Gill, Rosenberg und Collins (1985) konnten jedoch keine signifikanten Zusammenhänge zwischen T aus fötalem Plasma und Fruchtwasser finden, obwohl sich weibliche und männliche Föten signifikant in ihrem Plasmatestosteron unterschieden, was jedoch an methodische Mängeln liegen kann (Cohen-Bendahan et al., 2005).

Es gibt aber zahlreiche Belege, dass sowohl im fetalen Plasma als auch in der Amnioflüssigkeit die Testosteronkonzentration zwischen der achten und 24. SSW beim Jungen ansteigt (für eine Übersicht siehe Constantinescu & Hines, 2012).

Bisherige Studien mit pränataler Hormonbestimmung aus Amnioflüssigkeit

Die Arbeitsgruppen um Finegan aus Toronto und um Baron-Cohen aus Cambridge untersuchten mittels Längsschnittstudien mögliche Zusammenhänge zwischen pränatalen Hormonen aus dem Fruchtwasser und Verhalten bzw. kognitiven Fähigkeiten bei Kindern (Auyeung et al., 2013; zur Übersicht siehe Cohen-Bendahan et al., 2005; für eine Übersicht und weitere Studien mit Amnioflüssigkeit siehe Constantinescu & Hines, 2012). Letztere Forschergruppe

find Beziehungen zwischen einer höheren pränatalen Testosteronkonzentration und weniger Blickkontakt bei 12 Monate alten Kindern für die Jungen und für beide Geschlechter zusammen (Lutchmaya, Baron-Cohen, & Raggatt, 2002a). Zudem konnten sie für Kinder mit 18 und 24 Monaten Zusammenhänge von T und einem geringeren Wortschatz für die Gesamtstichprobe (Lutchmaya, Baron-Cohen, & Raggatt, 2002b) und autistischen Merkmalen für beide Geschlechter zusammen und getrennt aufzeigen (Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor, & Hackett, 2009; Auyeung, Taylor, Hackett, & Baron-Cohen, 2010). Ebenfalls wurden bei 4 Jahre alten Kleinkindern positive Beziehungen von T und weniger Empathie für die Gesamtstichprobe und nur für Jungen entdeckt (Knickmeyer, Baron-Cohen, Raggatt, Taylor, & Hackett, 2006). Im gleichen Alter führte mehr T über beide Geschlechter zu einer geringeren Qualität in sozialen Beziehungen und bei Jungen zu eingeschränkteren Interessen (Knickmeyer, Baron-Cohen, Raggatt, & Taylor, 2005). Bei vierjährigen Mädchen fanden Finegan, Niccols, & Sitarenios (1992) einen umgedreht U-förmigen Zusammenhang zwischen T und Wortverständnis und Klassifizierung. Zudem waren Mädchen mit mehr T schlechter im Zählen oder Blockbauen und hatten ein geringeres Zahlenwissen. Im Alter von 6 bis 9 Jahren stand eine höhere T-Konzentration mit einem höheren Systematisierungsquotienten, dem Trieb Systeme zu konstruieren oder analysieren, in Zusammenhang (über beide Geschlechter; Auyeung et al., 2006). Gleichaltrige Jungen und Mädchen mit hohem T-Spiegel waren schlechter im Mind-Reading (Chapman et al., 2006). Zudem konnte eine Verbindung von mehr T und weniger Empathie bei Jungen gefunden werden (ebenda).

Unterschiedliche Befunde gibt es bezüglich des Spielverhaltens. Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor, Hackett et al. (2009) fanden eine positive Verknüpfung von T und maskulinem Spiel bei Achtjährigen. Bei jüngeren Kindern (4 bis 5 Jahre bzw. 13 Monate) konnten hingegen keinerlei Verbindungen entdeckt werden (Knickmeyer, Wheelwright et al., 2005; van de Beek, van Goozen, Buitelaar, & Cohen-Kettenis, 2009). Die Analysen bezüglich des Spielverhaltens und ihrem Zusammenhang mit T erfolgten für die Geschlechter getrennt.

Für alle oben genannten Befunde der Arbeitsgruppe aus Cambridge ist T ein signifikanter Prädiktor.

Zusätzlich zeigten sich Geschlechterunterschiede auf der Verhaltensebene. So waren Mädchen in den sozialen und sprachlichen Kategorien wie Blickkontakt, Vokabular, Empathie oder Sozialkontakte stärker, Jungen in den mathematisch-räumlichen wie Zahlen oder Systematisieren und autistischen Merkmalen oder eingeschränkten Interessen (Auyeung et al., 2013).

Zusammenhänge von pränatalem E_2 aus dem Fruchtwasser und dem Verhalten von Kindern wurden bisher kaum untersucht. Es konnten keine signifikanten Beziehungen mit der Häufigkeit von Blickkontakt, autistischen Merkmalen und Spielverhalten gefunden werden (Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor, & Hackett, 2009; Lutchmaya et al., 2002a; van de Beek et al., 2009). Lutchmaya et al. (2002b) fand einen negativen Zusammenhang zwischen E_2 und der Wortschatzgröße mit 18 bzw. 24 Monaten, wobei Mädchen zu beiden Messzeitpunkten einen signifikant höheren Wortschatz aufwiesen.

Pränatale Sexualhormone aus dem Fruchtwasser und Mentale Rotation im Kindesalter

Bisher untersuchten nur zwei Studien den Zusammenhang von MR und Sexualhormonen aus dem Fruchtwasser im Kindesalter. Beide nutzten dazu „the teddy bear game“ (Auyeung et al., 2012; Grimshaw, Sitarenios, & Finegan, 1995; Marmor, 1975, 1977). Bei diesem Test werden zwei schwarz-weiße Zeichnungen von Teddybären nebeneinander präsentiert. Das Kind soll entscheiden, ob der Bär der zweiten Abbildung den gleichen oder den anderen Arm gehoben hat, wobei bei diesem Bild der Bär in 30°-Schritten bis 180° rotiert sein kann. Das ursprüng-

lich von Marmor (1975) entwickelte Testverfahren hatte bisher keine Geschlechterunterschiede bei Kindern aufzeigen können (Marmor, 1975, 1977).

Grimshaw, Sitarenios und Finegan (1995) setzten T aus dem Fruchtwasser als biologischen Einflussfaktor und Erfahrungen im räumlichen Spielverhalten als sozialen Faktor in Bezug zur MR bei siebenjährigen Kindern. Die Erfahrungen aus räumlichem Spiel wurden über eine Elternauskunft mittels Fragebogen erhoben. Die Autoren fanden bei den Jungen mehr Erfahrungen im räumlichen Spiel. Sie hatten zudem einen höheren Testosteronspiegel. Betreffend der MR konnten Grimshaw et al. (1995) ebenfalls keine Geschlechterunterschiede feststellen. Sie teilten daher die Kinder bezüglich der genutzten Rotationsstrategie in zwei Gruppen ein, die Rotierer und Nicht-Rotierer. Die Kinder, die stärkere Zusammenhänge zwischen Antwortzeit und Orientierung zeigten, benutzten laut der Autoren eher eine rotierende Strategie und wurden als Rotierer klassifiziert, während bei geringeren Beziehung davon ausgegangen wurde, dass eine non-rotierende bzw. gar keine Strategie genutzt wurde (Grimshaw et al., 1995). Inkonsistent zu den Befunden bei Erwachsenen waren Mädchen, die Rotieren als Strategie genutzt hatten, schneller als Jungen aus der gleichen Gruppe. In der Gruppe der Nicht-Rotierer waren die männlichen Kinder schneller als die weiblichen. Es zeigten sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen räumlichem Spiel und T oder MR. Höhere T-Werte wiesen nur in der Rotationsgruppe auf schnellere Rotation und kürzere Reaktionszeiten bei den Mädchen und langsamere bei den Jungen hin.

Diese Ergebnisse stimmten mit den Studien zu CAH bei Mädchen überein, die zeigen konnten, dass eine erhöhte pränatale T-Konzentration die Performance in MR begünstigt. Der gefundene inverse Zusammenhang bei Jungen unterstützte hingegen die Annahme, dass zu viel T einen demaskulinisierenden Einfluss auf das Gehirn haben kann. Zudem wies eine mangelnde Korrelation vom räumlichen Spiel mit MR darauf hin, dass das Spielverhalten keinen Mediator darstellte und als Umweltfaktor vernachlässigt werden konnte. Zusammengefasst

wird die Hypothese gestützt, dass pränatales T schon im Mutterleib die Fähigkeiten zur MR beeinflusst (Grimshaw et al., 1995).

Auyeung et al. (2012) untersuchten mit dem gleichen Testverfahren ebenfalls den Einfluss von pränatalem T aus der Amnioflüssigkeit auf MR bei 7 bis 10 Jahre alten Kindern. Der Versuchsaufbau unterschied sich nur geringfügig. Auch hier fanden sie einen signifikant höheren T-Wert bei Jungen. Bezüglich der MR fanden sie Geschlechterunterschiede bei der Anzahl korrekter Antworten zugunsten der Jungen, nicht aber für die Reaktionszeit. Das Geschlecht und das Alter des Kindes korrelierten signifikant positiv mit den MR-Ergebnissen. T korrelierte nicht signifikant mit MR oder der Reaktionszeit und konnte nicht als Prädiktorvariable für die Leistung in MR klassifiziert werden. Auyeung et al. (2012) erklärten die zum Teil abweichenden Ergebnisse damit, dass das Testverfahren eventuell zu schwierig für die Kinder gewesen sei, wobei diese im Durchschnitt zwei Jahre älter als die Kinder bei Grimshaw et al. (1995) gewesen waren.

Der Vollständigkeit halber soll hier auch eine Studie erwähnt werden, die räumliche Fähigkeiten und ihre Beziehung mit aus dem Blut der Nabelschnur gewonnenen Sexualhormonen untersuchte. Jacklin, Wilcox und Maccoby (1988) ließen 6 Jahre alte Kinder einen Subtest aus dem „Primary Mental Abilities Test“ durchführen. Mädchen und Jungen unterschieden sich nicht in ihrer Leistung. Höhere T-Werte waren mit niedrigeren räumlichen Fähigkeiten nur bei Mädchen assoziiert. E_2 zeigte keinen Einfluss.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Befunde zur MR und fetalem T bei Kindern noch uneindeutig zu sein scheinen. Nur bei Kindern, die mental rotieren, scheint T überhaupt einen Einfluss zu haben.

Zusammenfassung zu Sexualhormonen, Mentaler Rotation und Amniozentese

Befunde bei Erwachsenen weisen auf organisierende Einflüsse von Sexualhormonen hin. Bei Frauen scheint eine hohe Menge an T zu einer besseren MR-Leistung (Tierversuche, CAH- und Zwillingsstudien) und eine niedrige Menge zu schlechteren Ergebnissen (Turner-Syndrom) zu führen. Bei Männern scheint ein umgekehrt U-förmiger Zusammenhang zu bestehen (IHH, CAIS: je weniger T, desto schlechter MR; Tierversuche, CAH, Zwillingsstudien: je mehr T, desto schlechter MR). Bei erwachsenen Frauen scheint weniger E₂ zu einer schlechteren Leistung zu führen (Turner-Syndrom), während mehr E₂ bei Frauen keinen Effekt hat und bei Männern die MR-Fähigkeit verschlechtert (DES).

Auch bei Kindern konnten solche organisierenden Einflüsse über gefundene Verbindungen zwischen pränatalen Sexualhormonen und MR gezeigt werden. Männliche und weibliche Säuglinge unterscheiden sich zum Zeitpunkt der Amniozentese im Testosteronspiegel. Da die Hormone aus dem Fruchtwasser zu dem Termin der Punktion am ehesten einen Spiegel des Blutplasmas abbilden, stellt sie die beste Methode zur Erfassung der pränatalen Sexualhormone dar. Bei Kindern konnten für männliche Kategorien mehr positive und für typisch weibliche vorwiegend negative Zusammenhänge mit T gefunden werden. Eine von zwei Studien konnte dies auch für MR finden. Mögliche Assoziationen mit E₂ bleiben unklar, weisen aber eher auf einen maskulinisierenden Faktor hin.

Diese Studien

In den hier vorliegenden Studien sollten die Experimente von Moore und Johnson (2008, 2011) repliziert werden, die zeigen konnten, dass nur Jungen mit 3 und 5 Monaten mental rotieren können. Quinn und Liben (2013) konnten diesen Geschlechterunterschied mit zwei-dimensionalen Reizen auch bei älteren Kindern finden, so dass unsere Stichprobe zu zwei Messzeitpunkten im Alter von 5 und 9 Monaten erhoben wurde. Zusätzlich sollte untersucht werden, inwiefern die Sexualhormone T und E₂, die über das Fruchtwasser gewonnen wurden, welches am besten die pränatale Hormonkonzentration des Kindes widerspiegelt, die MR-Leistung beeinflussen. Angelehnt an Schwarzer et al. (2012; 2013) sollte ebenfalls das Krabbeln als begünstigender Faktor für MR bei den 9 Monate alten Kindern geprüft werden.

Im Konkreten wurde von folgenden inhaltlichen Hypothesen ausgegangen:

1. 5 und 9 Monate alte Jungen zeigen MR, indem sie eine Neuheitspräferenz aufweisen. Diese Neuigkeitspräferenz soll bei Jungen größer sein als bei Mädchen.
2. Pränatales T hat bei Kindern, die mental rotieren können, einen positiven Zusammenhang. Dieser soll für Jungen deutlicher sein. Pränatales E₂ hat ebenfalls einen Einfluss auf MR; die Richtung bleibt offen.
3. Säuglinge, die krabbeln, sind besser in MR, abgebildet über eine Neuheitspräferenz, als nicht-krabbelnde Kinder. Jungen, die krabbeln, sind besser in MR als Mädchen, die krabbeln.

Method

Stichprobe

Die Rekrutierung der Kinder erfolgte über das Vorsorgeinstitut Praenatal, Ärztliche Partnerschaftsgesellschaft für Pränatalmedizin und Genetik, in Düsseldorf. Die Mütter waren dort zwecks Pränataldiagnostik vorstellig geworden und hatten eine Amniozentese durchführen lassen. Die genauen Gründe hierfür waren nicht bekannt. Direkt ausgeschlossen wurden Familien, bei denen ein konkreter Verdacht auf Chromosomenschäden schon vor der Fruchtwasseruntersuchung vorlag. Als primärer Indikator für die Amniozentese der vorliegenden Stichprobe diente das Alter der Mutter.

Die Eltern wurden beim Vorgespräch für die Fruchtwasseruntersuchung über die Studie informiert. Bei Interesse erfolgte ihr Einverständnis, sie nach der Niederkunft kontaktieren zu dürfen (s. Anhang 1). Die Kinder wurden im Zeitraum vom 07.01.2011 bis 09.02.2013 geboren. Nach der Geburt eines gesunden Kindes ohne Auffälligkeiten in der Amniozentese oder während der Geburt und mit einem APGAR-Wert von mindestens 9 in der dritten Untersuchung (Apgar, 1953), wurden die Eltern erneut kontaktiert und bei Interesse zur Untersuchung eingeladen (s. Anhang 2).

Zum ersten Messzeitpunkt mit 5 Monaten wurden insgesamt 237 Kinder erhoben. 25 Säuglinge mussten wegen fehlender Amniozentese-Werte, 4 Babys wegen zu starker Unruhe ausgeschlossen werden. Von den verbliebenden 208 Kindern waren 104 Mädchen und 104 Jungen. Alle Kinder hatten bei der dritten APGAR-Untersuchung einen Mindestwert von 9 ($M = 9.9$; $SD = 0.39$). Zum zweiten Messzeitpunkt mit 9 Monaten erschienen 198 Kinder. 17 Kinder mussten hier wegen Desinteresse oder Unruhe ausgeschlossen werden, bei 13 Kindern fehlten die Hormonwerte aus dem Fruchtwasser. In diese Erhebung flossen die Ergebnisse von je 84

Jungen und Mädchen ein, von denen 13 Kinder nicht beim ersten Messzeitpunkt mit 5 Monaten anwesend gewesen waren.

Das Durchschnittsalter der Säuglinge für die beiden Messzeitpunkte und der Mütter bei der Kindsgeburt sind in Tabelle 1 wiedergegeben.

Tabelle 1

Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima des Alters der Kinder zum Messzeitpunkt in Tagen und Monaten und der Mütter in Jahren bei der Geburt des Kindes.

	Alter der Kinder in Tagen					Alter der Kinder in Monaten				Alter der Mütter bei Geburt			
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
5 Monate													
Gesamt	208	165.19	9.31	141	209	5.02	.22	4	6	38.02	3.55	22	48
Jungen	104	164.43	9.08	141	201	5.00	.20	4	6	38.28	3.48	28	48
Mädchen	104	165.94	9.51	150	209	5.03	.23	4	6	37.77	3.63	22	44
9 Monate													
Gesamt	168	285.42	11.36	231	312	8.96	.36	7	10	37.79	3.59	22	44
Jungen	84	285.68	10.23	260	312	8.96	.29	8	10	37.96	3.14	30	44
Mädchen	84	285.15	12.44	231	309	8.96	.42	7	10	37.60	4.00	22	44

In der Stichprobe der 9-Monate alten Säuglinge konnten 47 von 84 Jungen seit $M = 7.62$ Wochen ($SD = 4.11$) und 43 der 84 Mädchen seit $M = 6.58$ Wochen ($SD = 5.25$) krabbeln. Hier- von krabbelten drei männliche und sieben weibliche Säuglinge weniger als zwei Wochen.

Hormonwerte.

Die Hormone wurden aus dem Fruchtwasser, welches im Rahmen einer Amniozentese gewonnen wurde, bestimmt. Die Fruchtwasseruntersuchung wurde vom Institut für Pränataldiagnostik Praenatal, Ärztliche Partnerschaftsgesellschaft für Pränatalmedizin und Genetik Düsseldorf, im Mittel in der 14.78 Schwangerschaftswoche ($SD = .85$ – 5 Monate; 9 Monate: $M = 14.80$; $SD = .88$) durchgeführt. Nach der Analyse der Amnionflüssigkeit auf etwaige Chromosomenschäden wurde es mittels Flüssigchromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung im Labor des Institut de Médecine Légale, Straßburg (analog zu Ben Khelil et al., 2011) ausgewertet. Dabei wurden u.a. die Sexualhormone T und E_2 bestimmt. Die Hormonkonzentrationen zum Zeitpunkt der Amniozentese sind für den jeweiligen Messzeitpunkt in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2

Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima für die Sexualhormone T und E_2 und den Zeitpunkt der Amniozentese für beide Messzeitpunkte.

	Testosteron in ng/ml					Estradiol in ng/ml				Zeitpunkt der Amniozentese (Schwangerschaftswoche)			
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
5 Monate													
Gesamt	208	.06	.06	.01	.34	.16	.10	.05	.76	14.78	.85	14	18
Jungen	104	.10	.07	.01	.34	.15	.08	.05	.50	14.72	.78	14	17
Mädchen	104	.02	.08	.01	.06	.17	.12	.05	.76	14.84	.91	14	18
9 Monate													
Gesamt	168	.06	.06	.01	.34	.15	.09	.05	.58	14.81	.88	14	18
Jungen	84	.09	.06	.01	.34	.15	.07	.05	.44	14.79	.88	14	18
Mädchen	84	.02	.01	.01	.08	.16	.11	.05	.58	14.83	.88	14	18

Materialien

Die vorliegenden Studien sind Replikationen der Untersuchungen von Moore und Johnson (2008, 2011). Es wurden die Originalstimuli verwendet. Es handelte sich hierbei um Videos von vereinfachten, rotierenden dreidimensionalen Shepard-Metzler-Objekten (Shepard & Metzler, 1971), dem L-Objekt und seinem Spiegelbild, dem R-Objekt (s. Abb. 3 der Einleitung). Die Reize bestanden aus sieben Würfeln. Beim L-Reiz bildeten vier Quader die Hauptachse, zwei Würfel gingen vom Betrachter aus unten um 90° rechts zur Seite, so dass sich eine L-Form bildete, und ein weiterer Kubus schloss oben ebenfalls um 90° gedreht in den Raum an. Das Gebilde war insgesamt nach rechts und hinten gekippt. Jede Würfelseite (oben, unten, rechts, links, vorne, hinten) war in einer anderen Farbe gehalten (gelb, rot, weiß, lila, grün, blau). Der R-Reiz war das genaue Spiegelbild des L-Reizes. Die Reize wurden auf einem schwarzen Hintergrund präsentiert. Sie waren ca. 21 cm hoch und 18 cm breit (Moore & Johnson, 2008).

Insgesamt gab es vier Videos. In den zwei Habituationvideos rotierte der Stimulus von 0° bis 240° um seine vertikale Achse in ständiger Wiederholung vor und zurück; das L-Objekt beginnend nach links und das R-Objekt spiegelbildlich nach rechts. In den Testvideos wurde der noch ungesehene Part des Reizes von 240° - 360° in Dauerschleife gezeigt. Hier rotierte der Testreiz des L-Objektes ebenfalls zunächst nach links, bevor er sich zurück in seine Ausgangsposition drehte. Analog bewegte sich der R-Testreiz für die gleiche Dauer zunächst nach rechts. Alle Objekte rotierten mit 48° pro Sekunde. Die Habituationsreize drehten sich demnach nach 5 s zurück in die Ausgangsposition und die Testreize nach 2 s (Moore & Johnson, 2008).

Mittels Fragebögen (s. Anhang 3) wurden unter anderem verschiedene Motorikkomponenten erfasst.

Versuchsdurchführung

Die Studien fanden im Babylabor der Abteilung Allgemeine Psychologie des Institutes für Experimentelle Psychologie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf unter Leitung von Prof. Dr. Martin Heil statt. Die Erhebungen fanden montags bis freitags von 08.00 bis 18.00 Uhr statt. Die Testungen der 5-Monats-Kinder begannen am 20.06.2011 und endeten am 22.07.2013, der zweite Messzeitpunkt mit 9 Monaten war vom 25.10.2011 bis 14.11.2013. Der Versuch zur mentalen Rotation dauerte ca. 8-15 Minuten. Anschließend fand ein weiteres Experiment von ca. 5 Minuten Dauer statt.

In den meisten Fällen erschien die Mutter mit ihrem Kind zur Erhebung, in wenigen Fällen der Vater, die Großeltern oder beide Elternteile. Etwaige Geschwisterkinder wurden im Nebenraum betreut. Es erhoben insgesamt 12 weibliche studentische Hilfskräfte die Daten.

Nach einer ausführlichen Information und dem Unterschreiben der Einverständniserklärung (s. Anhang 4) nahm die Bezugsperson mit ihrem Kind auf dem Schoß auf einem Stuhl mit 64 cm vor einem 27-Zoll Iiyama-Bildschirm Platz (da bei diesen Studien ein größerer Bildschirm verwendet wurde, wurde der Abstand analog zu Originalstudie angepasst, um den gleichen Sehwinkel zu erreichen). Dargeboten wurden die Videos in der Bildschirmmitte mittels *Presentation*[®] (Neurobehavioral Systems, USA). Dieses Experimentalprogramm präsentierte nicht nur die Reize, sondern erfasste ebenfalls die über Tastendruck gemessenen Blickzeiten und steuerte somit die Habituations- und Testdurchgänge. Ein weiterer PC erfasste mit einer Logitech C905-Webcam, die über dem Bildschirm angebracht war, die Blickbewegung des Kindes, so dass diese durch einen für das Kind nicht sichtbaren Versuchsleiter online beurteilt werden konnte. Zusätzlich stand die Aufzeichnung für Nachratings zur Verfügung. Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 8 dargestellt.

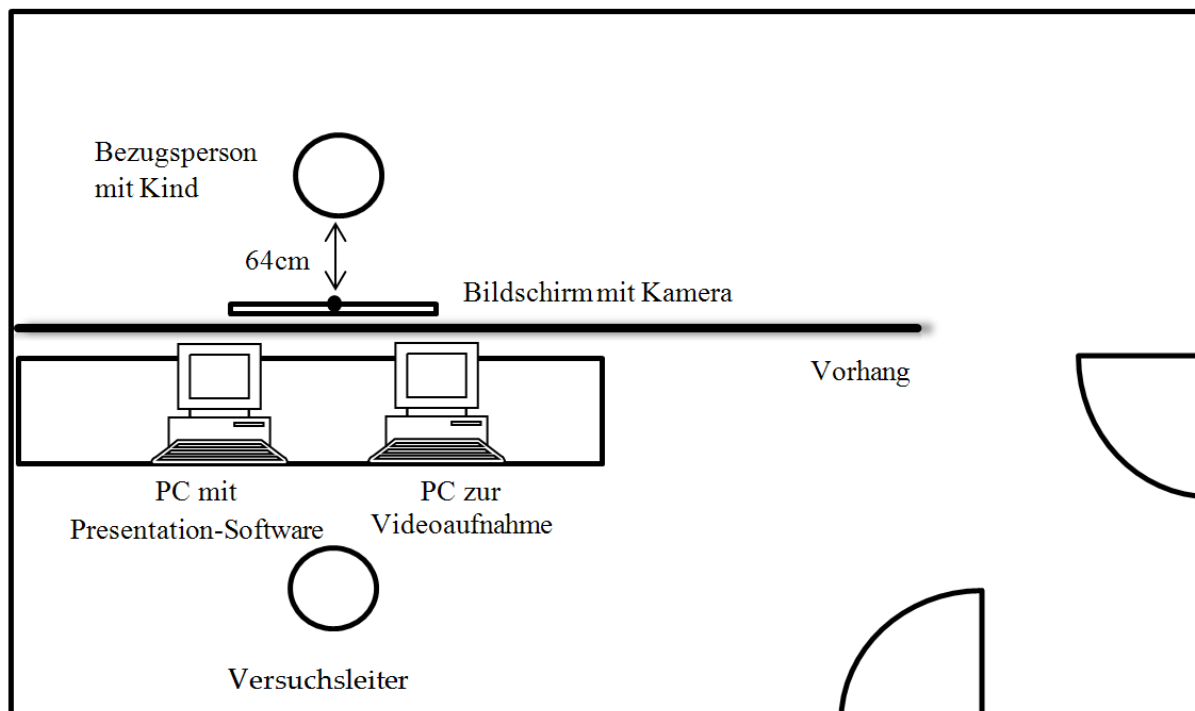


Abbildung 8. Schematischer Versuchsaufbau

Erfasst wurde die Blickdauer des Kindes auf die Reize mittels Tastendruck. Auch hier wurden die von Moore und Johnson (2008) beschriebenen Kriterien verwendet. Blickte das Kind länger als zwei Sekunden nicht auf den Reiz oder dauerte der Durchgang 60 s lang an, wurde der Trial automatisch beendet. Es gab zwischen fünf und zwölf Habitationsdurchgänge und sechs Testtrials. Als Habitationskriterium galt, dass der Säugling dann als habituiert angesehen wurde, wenn die Blickzeit in vier aufeinanderfolgenden Trials unter 50% der ersten vier Trials fiel oder alle 12 Habitationsdurchläufe durchlaufen waren. Alle Trials wurden von einem Attention-Getter (s. Abb. 9), einem größer und kleiner werdenden Ball mit lauten Tönen, unterbrochen, so dass die Aufmerksamkeit und der Blick des Kindes auf die Bildschirmmitte gelenkt wurde.

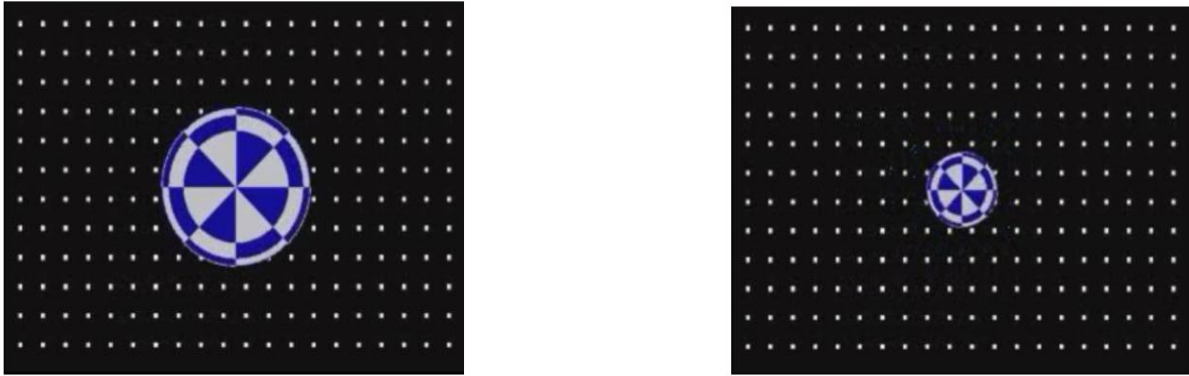


Abbildung 9. Attention-Getter, das auch bei Moore und Johnson (2008, 2011) verwendet wurde, um die Aufmerksamkeit des Kindes auf den Bildschirmmittelpunkt zu lenken. Der Ball wird größer und kleiner, dazu erklingen laute Töne.

Die Kinder wurden randomisiert auf die Versuchsgruppen aufgeteilt. Sie wurden entweder an das L- bzw. R-Objekt habituiert. In den sechs Testtrials sah der Säugling dann abwechselnd das schon bekannte „alte“ Habituationsobjekt bzw. das noch unbekannte „neue“ Objekt, das Spiegelbild des Habituationsreizes, jeweils aus der noch unbekanntem Perspektive. Es ergaben sich demnach vier Versuchsgruppen (Habituationsphase: Gewöhnung an L- oder R-Objekt; Testphase: Beginn mit bekanntem oder neuem Objekt). Der Versuchsleiter war der Bedingung gegenüber blind.

Die Testtrials aller Versuchsteilnehmer wurden insgesamt drei Mal nachgeratet, zweimal von einem Rater, um die Intraraterreliabilität zu bestimmen, und einmal von einem anderen Rater, um die Interraterreliabilität berechnen zu können. Beide Rater waren den Bedingungen gegenüber blind.

Der Fragebogen wurde von der Bezugsperson im Anschluss an die Erhebung (5 Monate) oder bereits zuhause (9 Monate) ausgefüllt.

Design

5 Monate.

Unabhängige Variablen (UVn) sind das Geschlecht des Kindes (männlich/weiblich) und die Art des Stimulus (bekannt/unbekannt). Die abhängige Variable (AV) wird über die Blickzeit auf den jeweiligen Reiz operationalisiert.

Die Säuglinge wurden nach Geschlecht getrennt den vier Versuchsgruppen randomisiert zugeordnet, so dass gleichgroße Gruppen entstanden.

Verwendet wurde ein 2 x 2-messwiederholtes Design mit der Stimulusart (Alt vs. Neu) als Innersubjektfaktor und Geschlecht (männlich vs. weiblich) als Zwischensubjektfaktor. Für mögliche Zusammenhänge zwischen Blickpräferenz und Sexualhormonen wurde ein korrelatives Design verwendet.

9 Monate.

Stimulusart, Geschlecht und Fähigkeit zu Krabbeln sind die UVn bei den 9 Monate alten Säuglingen. Die Blickzeit ist die AV.

Es wurde ein 2 x 2 x 2-messwiederholtes Design mit den zwei zweistufigen Zwischensubjektfaktoren Geschlecht und Krabbeln (ja vs. nein) und dem zweistufigen Innersubjektfaktor Stimulusart genutzt. Ein korrelatives Design diente ebenfalls zur Überprüfung möglicher Zusammenhänge zwischen Hormonen und Blickzeit.

Auswertung und Statistik

Im folgenden Abschnitt werden Auswertung und Statistik getrennt für die zwei Messzeitpunkte dargestellt. Alle Tests wurden mittels IBM SPSS Version 22 berechnet und wurden obgleich der gerichteten Hypothesen zweiseitig getestet. Es wurde ein Signifikanzniveau von 5% angenommen.

Reliabilitäten.

Die Interraterreliabilität wurde mittels Intra-Klassen-Korrelation (ICC; zweifach, zufällig), die Intraraterreliabilität mit Cronbachs α bestimmt. Zur Bestimmung beider Reliabilitäten wurde die Präferenzvariable verwendet, die über die Differenz von mittlerer Blickdauer auf den alten Reiz und mittlerer Blicklänge auf den neuen Stimulus berechnet wurde.

5 Monate.

Für eine bessere Vergleichbarkeit der Replikation der Ergebnisse von Moore und Johnson (2008) wurden die von den Autoren verwendeten Verfahren angewandt. Sinnvolle zusätzliche Analysen werden ergänzend berichtet, wie die Berechnung des Zusammenhangs mit Sexualhormonen.

Replikation der Studie von Moore und Johnson (2008).

Es wurde versucht, die Ergebnisse von Moore und Johnson (2008) zu replizieren. Dazu wurde mittels t-Tests für unabhängige Stichproben überprüft, ob Jungen und Mädchen sich in ihren aufsummierten Habituationszeiten bzw. Anzahl an Habitationsdurchgängen unterschieden.

Ergänzend wurde ein Allgemeines Lineares Modell (ANOVA) mit Messwiederholung auf dem Faktor Stimulusart mit den Faktorstufen „Alt“ (Testreiz ist gleich Habituationsreiz) und „Neu“ (Testreiz ist das Spiegelbild des Habituationsreizes) und dem Zwischensubjektfaktor Geschlecht des Kindes gerechnet. Es wurde eine Interaktion von Geschlecht und Art des Stimulus dahingehend erwartet, dass männliche Säuglinge den unbekanntem Reiz länger anblickten. Weitere Effekte wurden nicht angenommen.

Zusätzlich wurden für die Geschlechter getrennt t-Tests und Wilcoxon-Tests bei verbundenen Stichproben für die Blickzeiten auf den neuen bzw. alten Reiz berechnet. Analog zu Moore und Johnson (2008) wurde angenommen, dass sich nur die männlichen Säuglinge signifikant in der Blickzeit unterschieden, indem sie den neuen Reiz länger betrachteten. Die weiblichen Kleinstkinder sollten keine signifikanten Unterschiede zeigen.

Weiterführend wurden Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen in der Präferenzvariable erwartet.

Erste weitere Analyse: Aufteilung in zwei Altersgruppen.

Die Kinder bei Moore und Johnson (2008) waren im Durchschnitt 12 Tage jünger als die Kinder des ersten Messzeitpunkts dieser Studie. Daher wurde die Stichprobe in zwei Altersgruppen halbiert. Die jüngere Teilstichprobe entsprach im Alter in etwa der von Moore und Johnson (2008). Es wurde eine 2 x 2 x 2 messwiederholte ANOVA mit dem Innersubjektfaktor Stimulusart mit den zwei Faktorstufen bekannt vs. unbekannt und den beiden Zwischensubjektfaktoren Geschlecht (männlich vs. weiblich) und Altersgruppe (jünger vs. älter) gerechnet. Sollte das Alter der Säuglinge einen Einfluss auf Geschlechterunterschiede in der Präferenz des Stimulus haben, so müsste die Dreifachinteraktion Stimulusart x Geschlecht x Altersgruppe signifikant werden.

Zweite weitere Analyse: Habituierte Kinder.

Moore und Johnson (2008) machten keine Angaben darüber, ob die Säuglinge in ihrer Studie innerhalb der 12 Trials wirklich habituiert waren oder ob die Habituationsphase ohne Erreichen des Kriteriums beendet wurde.

Laut Habituationsparadigma ist nur dann von einer anschließenden Zuwendung zum unbekanntem Reiz (Dishabituation) auszugehen, wenn das Kind zuvor erfolgreich an einen Reiz habituiert wurde. Das Kriterium lautete, dass ein Kind dann als habituiert galt, wenn die Blickzeit in vier aufeinanderfolgenden Durchgängen im Vergleich zu den ersten vier Trials um die Hälfte abgenommen hatte oder aber 12 Habituationstrials durchlaufen waren (Moore & Johnson, 2008). Das hier nun verwendete strengere Kriterium behielt den ersten Teil von Moore und Johnson (2008) bei und wendete ihn auf alle 12 Habituationstrials an. Dies bedeutete, dass die Kinder überprüft wurden, die 12 Trials zur Habituation benötigt hatten, ob die Blickzeit in den Trials 8-12 weniger als die Hälfte der Blickdauer von Trial 1 bis 4 war.

Aus der vorliegenden Stichprobe wurden die nach dem strengeren Kriterium habituierten Kinder ausgewählt. Es wurde eine 2 x 2-ANOVA gerechnet. Analoge Ergebnisse zu denen der Replikation wurden erwartet. Zusätzlich wurde überprüft, dass sich die Geschlechter nicht in der Anzahl der Habitationsdurchgänge und aufsummierten Habitationsdauer unterscheiden.

Dritte weitere Analyse: Sexualhormone.

Die meisten Mädchen (5 Monate: 88 Säuglinge; 9 Monate: 67 Kinder) und ein Junge wiesen einen Testosteronwert auf, der unter der Nachweisgrenze („level of detection“) lag, so dass dieser Wert für die betroffenen Kinder durch den kleinsten messbaren Wert ersetzt wurde. Die Hormonwerte erfüllten nicht die Kriterien einer Normalverteilung und wurden daher mittels

Quadratwurzel transformiert. Alle statistischen Berechnungen wurden mit den transformierten Hormonwerten durchgeführt.

Für die tatsächlich habituierten Kinder wurden die angenommenen Zusammenhänge zwischen T und E₂ und der Blickpräferenz, erhoben über die Präferenzvariable, mittels Korrelationen untersucht. Es wurde kontrolliert, ob sich die Korrelationen von T bzw. E₂ zwischen und auch innerhalb der Geschlechter signifikant unterschieden. Dafür wurden vor der Testung auf Signifikanz zwischen den Korrelationen die Korrelationen in Fishers Z-Werte transformiert.

9 Monate.

Es wurden, wie bei 5 Monaten beschrieben, analoge Berechnungen zu Moore und Johnson (2008) durchgeführt und gleiche Effekte erwartet. Angelehnt an Schwarzer et al. (2012; 2013) wurden die Säuglinge zusätzlich in Krabblen und Nicht-Krabblen unterteilt. Zunächst wurde dafür nicht das Kriterium von Schwarzer et al. (2012; Krabbeln seit 2 Wochen, s.u.) angewandt, sondern die Aufteilung in die Gruppen erfolgte nach dem Unterscheidungsmerkmal, ob die Kinder am Tag der Erhebung bereits krabbeln konnten. Es wurde ein Allgemeines Lineares Modell (ANOVA) mit Messwiederholung auf dem Faktor Stimulusart und den Zwischensubjektfaktoren Geschlecht des Kindes und Krabbelfähigkeit gerechnet. Auch hier wurde eine Interaktion von Geschlecht und Art des Stimulus angenommen. Außerdem wurde eine Interaktion zwischen Krabbeln und Stimulusart –krabbelnde Kinder präferieren den neuen Reiz– und eine Dreifach-Interaktion von Stimulusart, Geschlecht und Krabbeln –krabbelnde Jungen zeigen eine größere Bevorzugung des unbekanntes Reizes als krabbelnde Mädchen– erwartet.

Erste bis dritte weitere Analyse: Moore und Johnson (2008), habituierte Kinder und Sexualhormone.

Analog zu der Auswertung der 5-Monats-Daten sollte auch hier überprüft werden, ob sich ähnliche oder andere Ergebnisse bei Kindern zeigen, die nach Moore und Johnson (2008) und auch nach dem strengeren Kriterium als habituiert galten. Die Ergebnisse sollten in einen möglichen Zusammenhang mit den Sexualhormonen gebracht werden.

Vierte weitere Analyse: Erweiterung um das Kriterium von Schwarzer et al. (2012).

Es sollte das Kriterium von Schwarzer (2012) angewendet werden und mit dieser Stichprobe eine ANOVA (analog zu 9 Monate) gerechnet werden. Als Krabblers galten Kinder, die zum Zeitpunkt der Erhebung seit mindestens zwei Wochen krabbelten (Schwarzer et al., 2012). Alle Nicht-Krabblers konnten sich noch gar nicht auf diesem Wege fortbewegen.

Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der zwei Messzeitpunkte getrennt dargestellt. Für jedes Experiment erfolgen eine Darstellung der Reliabilität der Ratings und die Resultate der in der Methode berichteten Auswertungen bezüglich möglicher Geschlechterunterschiede bzw. eines Einflusses der Sexualhormone oder der Motorikkomponente Krabbeln.

Ergebnisse der Studie mit 5 Monaten

Es werden die Ergebnisse zur Gesamtstichprobe getrennt nach der Replikation der Studie von Moore und Johnson (2008) und die als sinnvoll erachteten weiterführenden Untersuchungen dargestellt.

Reliabilität.

Der Interraterreliabilität über die drei Ratings betrug $ICC(2,3) = .93$. Die Intraraterreliabilität lag bei Cronbachs $\alpha = .96$. Die Übereinstimmungen innerhalb und zwischen den Ratern sind als sehr gut anzusehen.

Ergebnisse zur Replikation der Studie von Moore und Johnson (2008).

Der Übersicht halber werden die Ergebnisse für die Habituations- und Testphase getrennt voneinander dargestellt.

Habituationsphase.

Die Kinder benötigten im Durchschnitt 9.68 Durchgänge ($SD = 2.41$, $Min = 5$, $Max = 12$), um zu habituierten. Die aufsummierte Habituationszeit betrug im Mittel 119.85 s ($SD = 64.25$, $Min = 24.32$, $Max = 357.66$).

Bei Jungen lag der Mittelwert bei den Habituationsdurchgängen bei $M = 9.42$ ($SD = 2.44$, $Min = 5$, $Max = 12$) und bei den Mädchen bei $M = 9.93$ ($SD = 2.41$, $Min = 5$, $Max = 12$). Dabei schauten die männlichen Säuglinge den Habituationsreiz über alle Durchgänge im Durchschnitt mit 126.5 s ($SD = 66.27$, $Min = 34.49$, $Max = 357.66$) etwas länger an als die weiblichen $M = 113.2$ s, ($SD = 61.76$, $Min = 24.32$, $Max = 317.76$). Generell nahm die Blickzeit über die einzelnen Trials fast durchgängig ab (vgl. Anhang 5).

Jungen und Mädchen unterschieden sich nicht in der benötigten Anzahl an Habituationstrials, $t(206) = -1.52$, $p = .13$, oder in der aufsummierten Habituationszeit $t(206) = 1.5$, $p = .14$.

Testphase.

Deskriptiv betrachtet fand generell eine längere Blickzeit auf den alten, bekannten Reiz ($M = 4.49$ s, $SD = 3.09$) als auf den neuen, unbekanntem Stimulus ($M = 4.14$ s, $SD = 3.09$) statt. Getrennt nach Geschlecht schauten Jungen den bekannten Reiz länger an ($M = 4.82$ s, $SD = 3.58$), als den unbekanntem Stimulus ($M = 4.47$ s, $SD = 3.6$). Sie zeigten zudem insgesamt längere Blickzeiten als die Mädchen, die ebenfalls den alten Stimulus länger anschauten ($M = 4.17$ s, $SD = 2.48$), als den neuen ($M = 3.81$ s, $SD = 2.46$). Der Präferenzwert (ein positives Ergebnis bildet eine Präferenz für den bekannten Reiz ab) war bei den männlichen Säuglingen im Mittel fast gleich ($M = 0.35$ s, $SD = 2.47$) wie auch bei den weiblichen ($M = 0.36$ s, $SD = 2.16$) und der Gesamtstichprobe ($M = 0.35$ s, $SD = 2.31$).

Die messwiederholte ANOVA zeigte einen signifikanten Haupteffekt der Stimulusart mit $F(1, 206) = 4.83, p = .03$ (vgl. Abb. 10). Die Interaktion Stimulusart x Geschlecht wurde nicht signifikant $F(1, 206) = .00, p = .96, d < 0.01, [-0.27, 0.28]$, ebenso wie der Haupteffekt Geschlecht $F(1, 206) = 2.69, p = .10, d = 0.23, [-0.05, 0.50]$.

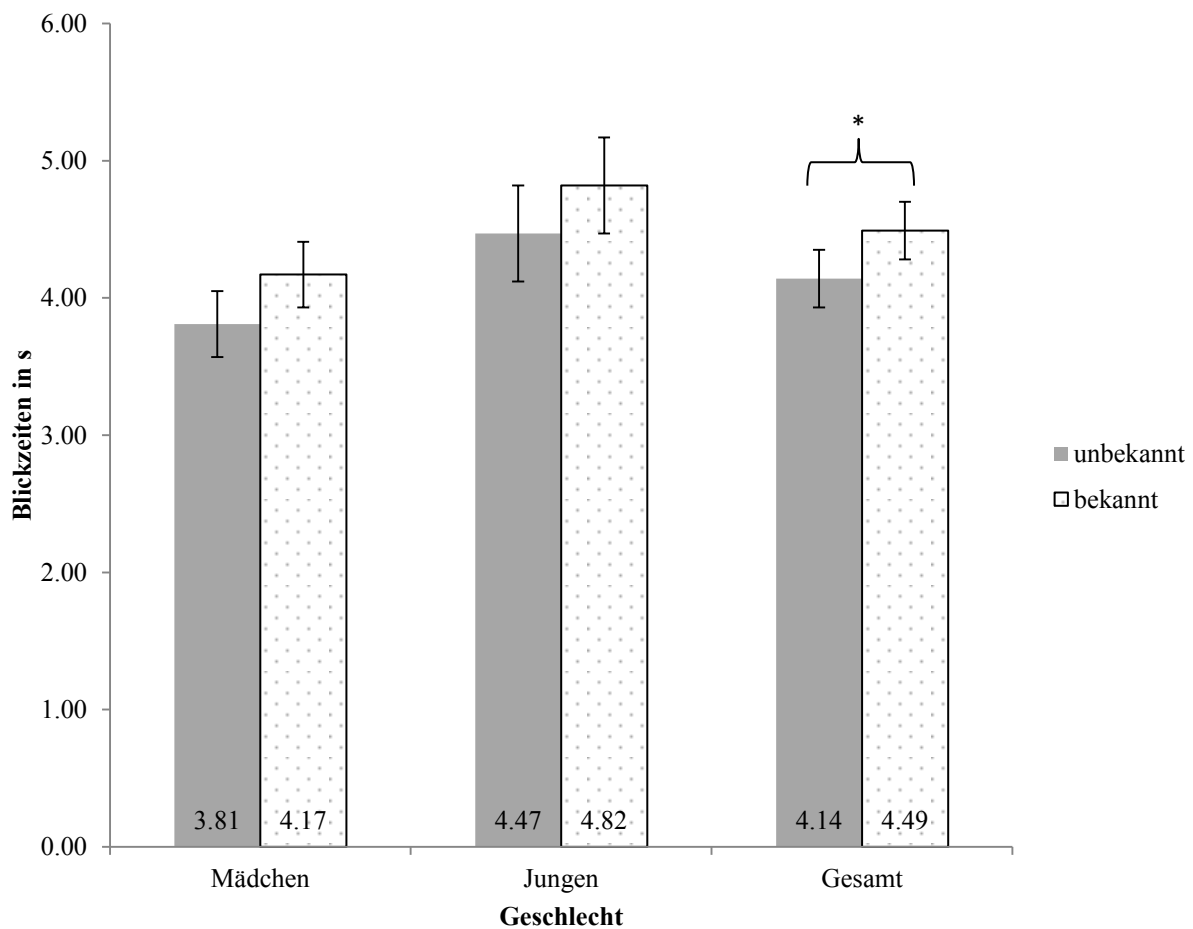


Abbildung 10. Mittlere Blickzeiten auf den unbekanntem und bekanntem Reiz. Die Fehlerbalken symbolisieren den Standardfehler. * = statistisch signifikant, $p < .05$.

Obwohl sich keine signifikante Interaktion zwischen Geschlecht und Stimulusart zeigte, wurden analog zu Moore und Johnson (2008) die folgenden Berechnungen durchgeführt.

Die t-Tests für verbundene Stichproben nach Geschlechtern getrennt für den Vergleich von der Blickzeit auf den bekannten bzw. unbekanntem Reiz zeigte sowohl bei den Jungen ($t(103) = 1.43, p = .16$), als auch bei den Mädchen ($t(103) = 1.71, p = .09$) kein signifikantes Ergebnis. Der t-Test für unabhängige Stichproben erbrachte mit $t(206) = -0.5$ und $p = .96$ keinen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern für den Präferenzwert ($d = -0.7, [-0.34, 0.20]$).

Der Wilcoxon-Test als non-parametrisches Verfahren ergab, dass von je 104 Kindern 56 männliche (54%) und 63 weibliche (61%) Säuglinge den alten Reiz länger anschauten. Bei den Jungen unterschied sich die längere Betrachtung des bekannten Reizes ($Mdn = 3.87$) im Vergleich zu seinem Spiegelbild ($Mdn = 3.30$) signifikant (Wilcoxon $Z = -2.09, p = .04$).

Auch die Mädchen guckten länger den alten Stimulus an ($Mdn = 3.40$) als den neuen ($Mdn = 3.08$). Dieser Unterschied wurde nicht signifikant ($Z = -1.88, p = .06$).

Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass Säuglinge unabhängig vom Geschlecht den bekannten Reiz länger anblickten.

Aufteilung der Stichprobe in zwei Altersgruppen.

Moore und Johnson (2008) untersuchten in ihrer Studie 40 Säuglinge, die im Mittel 153.20 Tage, was 21.89 Wochen bzw. 5.03 Monaten entspricht, alt waren. Die 208 Kinder dieser Studie waren mit einem Durchschnittsalter von 165.19 Tagen, bzw. 23.60 Wochen oder 5.43 Monaten, etwas älter. Für eine genauere Vergleichbarkeit wurde daher die vorliegende Stichprobe in je 104 Kinder halbiert und eine 2 (Stimulusart: bekannt vs. unbekannt) x 2 (Geschlecht: männlich vs. weiblich) x 2 (Altersgruppe: jünger vs. älter) -ANOVA gerechnet.

Die jüngere Stichprobe entsprach mit einem Durchschnittsalter von 158.13 Tagen ($SD = 4.53$) nun in etwa derer von Moore und Johnson (2008). Die ältere Stichprobe war im Mittel 172.25 Tage ($SD = 7.28$) alt.

Habituationsphase.

In der jüngeren Stichprobe benötigten die weiblichen Säuglinge im Durchschnitt nicht ganz einen Habitationsdurchgang mehr ($M = 10.10$, $SD = 2.35$) als die männlichen ($M = 9.27$, $SD = 2.50$). Dieser Unterschied wurde nicht signifikant, $t(102) = -1.74$, $p = .09$. In der aufsummierten Habitationszeit unterschieden sich Jungen ($M = 124.89$ s, $SD = 69.47$) und Mädchen ($M = 103.84$ s, $SD = 56.92$) ebenfalls nicht signifikant, $t(102) = 1.69$, $p = .09$.

In der älteren Population habituierten männliche ($M = 9.58$, $SD = 2.40$) und weibliche Säuglinge ($M = 9.77$, $SD = 2.47$) im Mittel in etwa gleich vielen Durchgängen. Sie unterschieden sich nicht signifikant voneinander, $t(102) = -0.40$, $p = .69$. Die Jungen zeigten dabei eine längere Blickdauer ($M = 128.10$ s, $SD = 63.54$) als die Mädchen ($M = 122.55$ s, $SD = 65.46$), wobei auch dieser Unterschied nicht signifikant wurde, $t(102) = 0.44$, $p = .66$.

Testphase.

In der jüngeren Altersgruppe wurde der bekannte Stimulus ($M = 4.30$ s, $SD = 2.72$) länger betrachtet als der unbekannte ($M = 4.16$ s, $SD = 3.03$). So fokussierten auch die männlichen Säuglinge den alten Reiz ($M = 4.87$ s, $SD = 3.11$) etwas länger als den unbekanntes Reiz ($M = 4.70$ s, $SD = 3.59$). Sie zeigten zudem längere Blickzeiten als die Mädchen, die auch den bekannten Stimulus länger anschauten, als den neuen (bekannt: $M = 3.72$ s, $SD = 2.14$; unbekannt: $M = 3.63$ s, $SD = 2.26$).

Auch in der älteren Stichprobe schauten die Säuglinge den alten Reiz ($M = 4.69$ s, $SD = 3.42$) länger an als den neuen ($M = 4.11$ s, $SD = 3.17$). Die männlichen Kleinstkinder betrachteten ebenfalls den bekannten Stimulus ($M = 4.76$ s, $SD = 4.03$) länger als den unbekannt ($M = 4.24$ s, $SD = 3.63$), genau wie die Mädchen, die den alten Reiz ($M = 4.63$ s, $SD = 2.72$) im Durchschnitt genauso lang fixierten, wie die Jungen, und länger, als den neuen Stimulus ($M = 3.99$ s, $SD = 2.65$).

Während die mittleren Blickzeiten bei den Jungen mit dem Alter abnahmen, verlängerten sie sich bei den Mädchen. Zudem wurde bei beiden Geschlechtern die Differenz zwischen Blickzeit auf den alten und neuen Reiz größer.

Die ANOVA zeigte einen signifikanten Haupteffekt der Stimulusart, $F(1, 204) = 4.88$, $p = .03$. Es zeigten sich keine weiteren signifikanten Haupteffekte (Geschlecht: $F(1, 204) = 2.70$, $p = .10$, $d = 0.20$; [-0.08, 0.47]; Altersgruppe: $F(1, 204) = .20$, $p = .66$, $d = 0.00$; [-0.27, 0.27]). Die Zweifach-Interaktionen Stimulusart x Geschlecht ($F(1, 204) = 0.00$, $p = .96$, $d = 0.00$, [-0.27, 0.27]), Stimulusart x Altersgruppe, $F(1, 204) = 1.88$, $p = .17$, $d = 0.14$, [0.13, 0.41]) und Geschlecht x Altersgruppe ($F(1, 204) = 1.36$, $p = .25$, $d = 0.16$, [-0.11, 0.43]) wurden ebenfalls nicht signifikant. Die Dreifach-Interaktion Stimulusart x Geschlecht x Altersgruppe war auch nicht signifikant, $F(1, 204) = 0.10$, $p = .75$, $d = 0.00$, [-0.27, 0.27].

In der nach Altersgruppen aufgeteilten Stichprobe bestätigte der signifikante Haupteffekt der Stimulusart das Ergebnis der Gesamtstichprobe. Die Dreifach-Interaktion hätte signifikant werden müssen, hätte das Alter einen Effekt auf die Blickzeit auf einen Stimulus abhängig vom Geschlecht. Dies war nicht der Fall.

Aufteilung der Stichprobe in habituierte Kinder.

Die Gesamtstichprobe umfasste je 104 männliche und weibliche Säuglinge. 33 Jungen (32%) und 39 Mädchen (38%) galten nach dem strengeren Kriterium als nicht habituiert.

Habituationsphase.

Die 71 verbliebenen männlichen Kleinstkindern benötigten im Mittel $M = 127.78$ s ($SD = 63.43$) bzw. $M = 8.23$ ($SD = 2.04$) Durchgänge zur Habituation. Die 65 Mädchen benötigten im Durchschnitt in etwa gleich viele Durchgänge wie die Jungen ($M = 8.60$, $SD = 2.26$), zeigten aber eine geringere aufsummierte Habituationszeit ($M = 106.14$ s, $SD = 58.33$). Männliche und weibliche Säuglinge unterschieden sich signifikant in der aufsummierten Habituationszeit, $t(134) = 2.06$, $p = .04$, nicht aber in der benötigten Trialanzahl, $t(134) = -1.02$, $p = .31$.

Testphase.

Über die Gesamtstichprobe betrachtet wurde der vertraute Stimulus ($M = 4.98$ s, $SD = 3.43$) länger betrachtet als der neue ($M = 4.52$ s, $SD = 3.50$). Die männlichen Säuglinge schauten im Mittel den bekannten Reiz $M = 5.30$ s ($SD = 3.95$) länger an als den neuen mit $M = 4.91$ s ($SD = 4.04$). Sie zeigten längere Blickzeiten als die weiblichen Säuglinge, die ebenfalls den alten Reiz ($M = 4.64$ s, $SD = 2.76$) länger betrachteten als den neuen ($M = 4.01$ s, $SD = 2.77$). Die mittleren Blickzeit und Standardfehler sind in Abbildung 11 analog zu Moore und Johnson (2008) dargestellt.

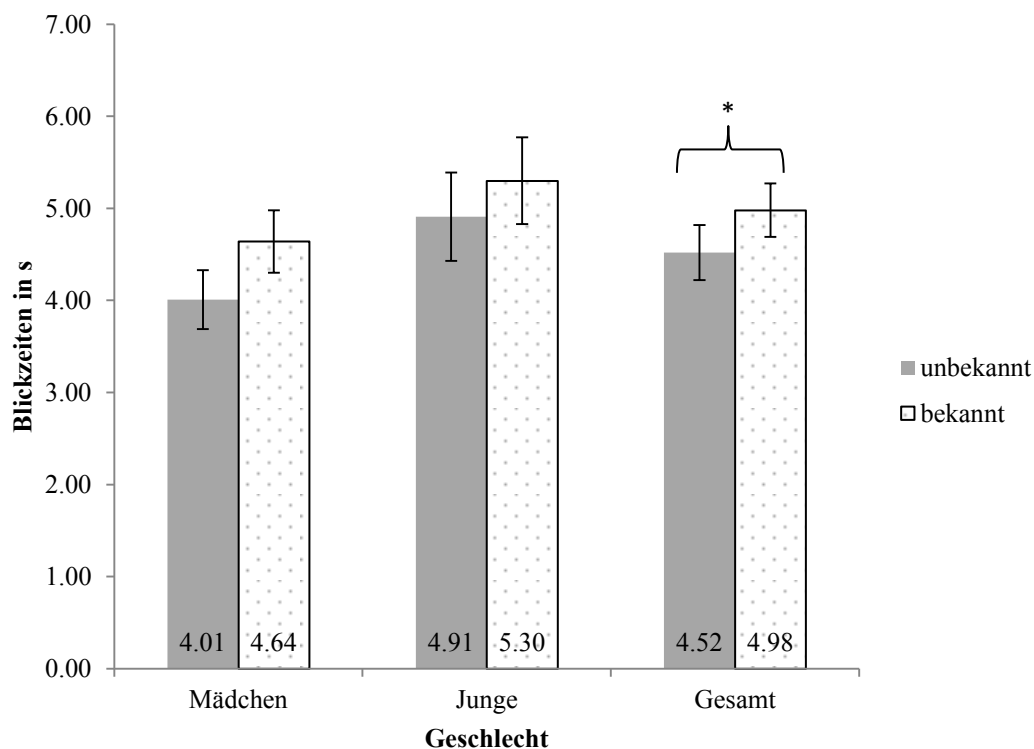


Abbildung 11. Mittlere Blickzeiten und Standardfehler der nach dem strengeren Kriterium habituierten Säuglinge. * = statistisch signifikant, $p < .05$.

Der Haupteffekt Stimulusart wurde mit $F(1,134) = 4.69$, $p = .03$ signifikant (vgl. Abb. 10). Weder die Interaktion Stimulusart x Geschlecht, $F(1, 134) = 0.13$, $p = .72$, $d = 0.00$, $[-0.34, 0.34]$, noch der Haupteffekt Geschlecht, $F(1, 134) = 1.77$, $p = .19$, $d = 0.17$, $[-0.17, 0.51]$, zeigten signifikante Effekte¹.

¹ Unter Berücksichtigung der signifikant unterschiedlichen aufsummierten Habituationszeit wurde letztere als Kovariate in einer weiteren Berechnung in die ANOVA mit einbezogen. Dies führte zu abweichenden Ergebnissen, die in Anhang 6 dargestellt sind. Da sich diese jedoch nicht logisch erklären lassen, werden zur Diskussion der Ergebnisse die hier abgebildeten gewählt.

Die Ergebnisse der ANOVA bei den habituierten Säuglingen waren kongruent zu denen der Gesamtstichprobe. Obwohl auch bei den tatsächlich habituierten Säuglingen die Interaktion nicht signifikant geworden ist, sollten der Form halber die erwähnten Berechnungen durchgeführt werden.

Obleich weibliche Säuglinge im Mittel einen höheren Präferenzwert ($M = 0.54$, $SD = 2.09$) aufwiesen als die männlichen ($M = 0.39$, $SD = 2.85$), unterschieden sie sich nicht signifikant, $t(134) = -0.36$, $p = .72$, $d = 0.00$, $[-0.34, 0.34]$.

Die nach Geschlecht getrennten unabhängigen t-Tests zeigten nur einen signifikanten Unterschied in der Blickdauer zugunsten des bekannten Reizes für die Mädchen, $t(64) = 2.10$, $p = .04$, nicht aber für die Jungen $t(70) = 1.16$, $p = .25$.

Der Wilcoxon-Test ergab, dass 39 (55%) männliche und 44 (68%) weibliche Säuglinge den bekannten Reiz präferierten. Sowohl für die Jungen wurde der Vergleich zwischen altem ($Mdn = 4.68$) und neuem Reiz ($Mdn = 4.80$) signifikant (Wilcoxon $Z = -2.10$, $p = .04$), als auch für die Mädchen (bekannt: $Mdn = 3.73$, unbekannt: $Mdn = 3.23$; Wilcoxon $Z = -2.46$, $p = .01$).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass auch bei den Säuglingen, die laut strengem Kriterium als habituiert galten, eine Vertrautheitspräferenz vorlag, und zwar unabhängig vom Geschlecht.

Zusammenhänge mit Sexualhormonen.

Männliche Säuglinge zeigten eine signifikant höhere T-Konzentration ($M = 0.31$, $SD = 0.10$) als weibliche ($M = 0.13$, $SD = 0.03$), $t(81.83) = 13.80$, $p < .001$, $d = 2.37$, $[1.93, 2.81]$. Letztere ($M = 0.41$, $SD = 0.14$) hatten hingegen signifikant mehr E_2 im Fruchtwasser als die Jungen ($M = 0.36$, $SD = 0.09$), $t(134) = -2.33$, $p = .02$, $d = -0.40$, $[-0.74, -0.06]$. Für die angenomme-

nen Zusammenhänge mit den Sexualhormonen wurden Korrelationen nach Pearson mit dem Präferenzwert berechnet. Ein positiver Wert wies auf eine längere Blickzeit auf den alten Reiz hin.

T korrelierte signifikant positiv mit dem Präferenzwert bei den männlichen Säuglingen mit $r = .26, p = .03$, nicht aber bei den weiblichen, $r = .07, p = .60$. Bei den Mädchen wurde die Korrelation von E_2 mit dem Präferenzwert signifikant, $r = .26, p = .04$, bei den Jungen hingegen nicht, $r = .03, p = .79$.

Es zeigten sich demnach signifikant positive Zusammenhänge zwischen einer Präferenz für den alten Reiz und T bei den männlichen und E_2 bei den weiblichen Säuglingen.

Es wurde weiter überprüft, ob sich die Korrelationen, die für die weiblichen und männlichen Säuglinge für T und E_2 und dem Präferenzwert ermittelt wurden, zwischen den Geschlechtern signifikant voneinander unterschieden.

Für T ergab sich mit $z = 1.15, p = .13$ ein Ergebnis, welches gerichtet getestet tendenziell signifikant geworden wäre. Für E_2 wäre es gerichtet getestet mit $z = -1.32$ und $p = .09$ signifikant geworden.

Zusätzlich wurde kontrolliert, ob sich ebenfalls Unterschiede von T und E_2 mit dem Präferenzwert innerhalb der Geschlechter zeigten.

Die Korrelationen von den Hormonen und dem Präferenzwert hätten sich bei den Jungen, $z = 1.38, p = .08$ bei einseitiger Testung signifikant voneinander unterschieden, bei den Mädchen knapp nicht, $z = -1.11, p = .14$.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass sich die Zusammenhänge für das jeweilige Hormon mit der Präferenz für weibliche und männliche Säuglinge inhaltlich unterscheiden.

Ergebnisse der Studie mit 9 Monaten

Reliabilität.

Der Interraterreliabilität lag bei $ICC(2,3) = .98$. Die Intraraterreliabilität war Cronbachs $\alpha = .99$. Die Übereinstimmung zwischen und innerhalb der Rater sind als sehr gut anzusehen.

Ergebnisse zur erweiterten Replikation der Studie von Moore und Johnson (2008) unter Ergänzung der Motorikkomponente des Krabbeln.

Die Ergebnisse der Replikation der Studie vom Moore und Johnson (2008) mit älteren, 9 Monate alten Kindern werden dargestellt und Krabbeln als möglicher Einflussfaktor untersucht.

Habituationsphase.

Die 168 9-Monate alten Säuglinge habituierten im Mittel in 9.65 Durchgängen ($SD = 2.16$, $Min = 5$, $Max = 12$) bzw. in 127.40 s ($SD = 61.58$, $Min = 31.03$, $Max = 321.19$).

Die 84 Jungen ($M = 9.88$, $SD = 2.11$) unterschieden sich nicht signifikant in der Anzahl benötigter Trials von den 84 Mädchen ($M = 9.43$, $SD = 2.20$), $t(166) = 1.36$, $p = .78$. Jedoch benötigten sie mit $M = 137.52$ s ($SD = 54.70$) signifikant länger zur Habituation, als die weiblichen Kinder ($M = 117.28$ s, $SD = 54.70$), $t(166) = 2.15$, $p = .03$.

Die 90 Krabber, davon 47 männlich, brauchten ungefähr einen Habituationsdurchgang weniger ($M = 9.26$, $SD = 2.10$), als die 78 Nicht-Krabber ($M = 10.12$, $SD = 2.14$). Hiervon waren 37 Jungen. Dieser Vergleich wurde signifikant, $t(166) = -2.62$, $p = .01$. In der aufsummierten Habituationszeit unterschieden sich Krabber ($M = 122.92$ s, $SD = 58.13$) von Nicht-Krabber ($M = 132.57$ s, $SD = 65.32$) hingegen nicht signifikant, $t(166) = -1.01$, $p = .31$.

Testphase.

Männliche und weibliche Säuglinge schauten, deskriptiv betrachtet, den bekannten und den unbekanntem Reiz in etwa gleich lang an, wobei Jungen eine ganz leichte Neuheits- und Mädchen eine noch geringe Vertrautheitspräferenz zeigten. Krabbelnde oder nicht krabbelnde Mädchen unterschieden sich nicht in der Präferenz, beide bevorzugten marginal den neuen Reiz. Bei den Jungen wiesen die Krabbler die größte Neuheitspräferenz auf, während die Nicht-Krabbler eine leichte Präferenz für den alten Reiz zeigten. Nicht krabbelnde Kinder beider Geschlechter hingegen betrachteten beide Stimuli gleichlang, krabbelnde Säuglinge den neuen Reiz etwas länger. Dabei wiesen Jungen bzw. Krabbler etwas längere Blickzeiten als Mädchen bzw. Nicht-Krabbler auf. Die genauen Mittelwerte und Standardabweichungen sind Tabelle 3 zu entnehmen. Über die Habituations- und Testphase nahm die Dauer der Fixationen fast durchgehend ab (vgl. Anhang 7).

Tabelle 3

Deskriptive Statistik über die Blickzeiten auf den vertrauten oder neuen Reiz und für den Präferenzwert nach Geschlecht und der Fähigkeit zu Krabbeln getrennt und für die Gesamtstichprobe.

Geschlecht	Krabbeln	<u>Blickzeit bekannter Reiz</u>		<u>Blickzeit unbekannter Reiz</u>		<u>Präferenzwert</u>	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
männlich	ja	4.80	3.13	5.00	3.68	-0.17	2.91
	nein	4.28	2.25	4.26	2.43	0.02	2.12
	Gesamt	4.57	2.77	4.65	3.19	-0.08	2.56
weiblich	ja	4.53	3.70	4.54	3.60	-0.02	2.76
	nein	3.82	2.13	3.84	2.21	-0.02	2.32
	Gesamt	4.18	3.04	4.20	3.00	-0.02	2.54
Gesamt	ja	4.67	3.40	4.76	4.76	-0.10	2.82
	nein	4.04	2.18	4.04	2.31	0.00	2.21

Bemerkung: Es sind die Blickzeiten in s angegeben

Die messwiederholte ANOVA zeigte keinerlei signifikante Ergebnisse. Weder der Haupteffekt Stimulusart, $F(1, 164) = 0.05, p = .82$, noch Geschlecht, $F(1, 164) = 0.88, p = .35$, $d = 0.14, [-0.15, 0.45]$, oder Krabbelfähigkeit $F(1, 164) = 2.45, p = .12, d = 0.24, [-0.06, 0.55]$, wurden signifikant. Auch die Zweifachinteraktionen Stimulusart x Geschlecht, $F(1, 164) = .02, p = .89, d = 0.02, [-0.28, 0.32]$ wie auch Stimulusart x Krabbelfähigkeit, $F(1, 164) = 0.05, p = .82, d = 0.03, [-0.27, 0.34]$, oder Geschlecht x Krabbelfähigkeit $F(1, 164) = 0.01, p = .91, d = 0.02, [-0.29, 0.32]$, zeigten keine signifikanten Unterschiede. Das gleiche galt für die Dreifachinteraktion, $F(1, 164) = 0.06, p = .81, d = 0.04, [-0.26, 0.34]$ ².

Trotz der mangelnden Signifikanzen wurden der besseren Vergleichbarkeit wegen die Analysen analog zu Moore und Johnson (2008) durchgeführt.

Nach Geschlechtern getrennt unterschieden sich sowohl die männlichen ($t(83) = -0.30, p = .77$) als auch die weiblichen Säuglinge ($t(83) = -0.07, p = .95$) nicht signifikant in den Blickzeiten auf den vertrauten oder neuen Stimulus. Für den Präferenzwert ergab der t-Test für unabhängige Stichproben keinen signifikanten Vergleich zwischen den Geschlechtern, $t(166) = -0.17, p = .87, d = -0.03, [-0.33, 0.28]$.

Der Wilcoxon-Test zeigte bei einer Gruppenbildung nur nach Geschlecht, dass von den Jungen 39 (46%) den alten und 45 (54%) den neuen Reiz bevorzugten. Dieser Unterschied wurde nicht signifikant, Wilcoxon $Z = -0.11, p = .92$. Bei den Mädchen blickten 44 (52%) den alten und 40 (48%) den neuen Reiz länger an. Dieser Vergleich wurde ebenfalls nicht signifikant ($Z = -0.42, p = .67$). Auch bei der Einteilung allein nach der Fähigkeit zu krabbeln, zeigten

² Jungen und Mädchen unterschieden sich signifikant in der aufsummierten Habituationszeit, Krabbler und Nicht-Krabbler in der Anzahl an Habituationstrials. Unter Einbezug beider Variablen als Kovariaten kam es zu keiner signifikanten Veränderung der Ergebnisse; sie sind daher in Anhang 7 dargestellt.

sich keine signifikanten Unterschiede (Krabbler: $Z = -0.06$, $p = .96$; Nicht-Krabbler: $Z = -0.26$, $p = .79$). Je die Hälfte der 90 krabbelnden Kleinkinder präferierte den bekannten bzw. unbekanntem Reiz. Bei den Nicht-Krabblern waren die Ergebnisse in etwa gleich. 49% blickten hier den alten Reiz länger an.

Aufgeteilt nach Geschlecht und der Fähigkeit zu Krabbeln ergab sich bei den Jungen eine Neuheitspräferenz bei 53% der Krabbler und 54% der Nicht-Krabbler bzw. 46% der weiblichen krabbelnden Kinder und 48% der nicht-krabbelnden Säuglinge. Keiner der Vergleiche der Präferenz wurde signifikant (s. Tabelle 4).

Tabelle 4

Wilcoxon-Tests der Stichprobe 9 Monate – Gruppenbildung nach Geschlecht und Krabbelfähigkeit

Geschlecht	Krabbelfähigkeit	Z	p
männlich	ja	-.20	.84
	nein	-.04	.97
weiblich	ja	-.26	.80
	nein	-.32	.75

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich bei den 9 Monate alten Säuglingen keinerlei signifikante Unterschiede zeigten. Deskriptiv und mittels des Wilcoxon-Tests ließ sich erkennen, dass einige Jungen mehr den neuen und wenige Mädchen mehr den alten Reiz präferierten, die Unterschiede waren jedoch marginal und unabhängig vom Krabbeln. Krabbelnde und nicht krabbelnde Kinder zeigten auch deskriptiv kaum Unterschiede.

Habituierte Kinder.

Von den je 84 Kindern sind 61 männliche und 63 weibliche Säuglinge nach dem strengeren Kriterium habituiert. Davon konnten 37 Jungen und 36 Mädchen krabbeln. Weibliche und männliche Säuglinge, aber auch krabbelnde und nicht krabbelnde Kinder unterschieden sich weder in der Anzahl benötigter Habituationstrials noch in der aufsummierten Habituationszeit (siehe Anhang 8).

In Tabelle 5 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickzeiten auf den vertrauten und neuen Reiz abgebildet, sowie für den Präferenzwert, getrennt nach Geschlecht und der Fähigkeit zu Krabbeln.

Tabelle 5

Mittelwerte und Standardabweichungen der Blickzeiten auf den bekannten und unbekanntem Reiz, sowie für den Präferenzwert der habituierten Kinder mit 9 Monaten.

Geschlecht	Krabbeln	<u>Blickzeit</u> <u>bekannter Reiz</u>		<u>Blickzeit</u> <u>unbekannter Reiz</u>		<u>Präferenzwert</u>	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
männlich	ja	5.21	3.38	5.08	3.96	0.13	3.05
	nein	4.25	2.22	4.32	2.37	-0.07	2.26
	Gesamt	4.83	3.00	4.78	3.41	0.05	2.75
weiblich	ja	4.86	3.94	4.77	3.67	0.09	2.70
	nein	3.57	2.20	3.96	2.54	-0.40	2.53
	Gesamt	4.31	3.34	4.43	3.23	-0.12	2.61
Gesamt	ja	5.04	3.65	4.93	3.79	0.11	2.86
	nein	3.89	2.21	4.13	2.44	-0.24	2.39

Bemerkung: Es sind die Blickzeiten in s angegeben

Deskriptiv bildeten sich nur geringe Unterschiede in den Blickzeiten auf den alten bzw. neuen Reiz bei großen Standardabweichungen heraus. Wie auch der negative Präferenzwert verdeutlicht, zeigte sich nur bei nicht krabbelnden Kindern (bzw. bei den Mädchen gesamt) eine Neuheitspräferenz. Diese war jedoch sehr gering und bei den weiblichen Nicht-Krabblern noch am größten. Krabbelnde Kinder blickten unabhängig vom Geschlecht den vertrauten Reiz geringfügig länger an.

Inferenzstatistisch ergaben sich keinerlei signifikante Ergebnisse in der ANOVA, den Wilcoxon-Tests getrennt nach Geschlecht, Krabbelfähigkeit oder beiden, noch für die t-Tests mit den Präferenzwerten (vgl. Anhang 8).

Mögliche Zusammenhänge mit Sexualhormonen.

Mit Hilfe von Pearson Korrelationen wurden mögliche Beziehungen zwischen den Sexualhormonen T und E_2 und dem Präferenzwert getrennt nach Geschlecht, Krabbelfähigkeit und einer Kombination beider nur für die nach dem strengeren Kriterium habituierten Kinder berechnet.

Es zeigten sich keine signifikanten Korrelationen zwischen dem Präferenzwert und T oder E_2 bei männlichen oder weiblichen Säuglingen, Krabblern oder Nicht-Krabblern. Einzig bei männlichen Krabblern ergab sich ein signifikanter positiver Zusammenhang des Präferenzwertes mit E_2 (vgl. Tab. 6), der auf Ausreißer zurückzuführen war.

Tabelle 6

Korrelationen der Präferenzwertes mit den Sexualhormonen nach Gruppen getrennt. 7

Gruppe		Testosteron		Estradiol	
		<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Geschlecht	männlich	-.05	.71	-.23	.08
	weiblich	.05	.70	.04	.75
Krabbeln	ja	-.08	.51	.17	.15
	nein	.14	.31	.03	.84
Geschlecht und Krabbeln	männlich + ja	-.20	.23	.33	.05*
	männliche + nein	.23	.29	-.10	.65
	weibliche + ja	.03	.87	.00	.99
	weibliche + nein	.08	.71	.11	.59

Bemerkung. CI = Konfidenzintervall; OG = obere Grenze; UG = untere Grenze.

* = zweiseitig signifikante Korrelation.

Kriterium Schwarzer et al. (2012).

Für eine bessere Vergleichbarkeit der Daten mit den Ergebnissen von Schwarzer et al. (2012) wurden zusätzlich Berechnungen unter Einbezug ihres Kriteriums bezüglich des Krabbelns durchgeführt. Bei den Autoren wurden nur solche Kinder als Krabbler bezeichnet, die mindestens zwei Wochen krabbeln konnten.

In der hier berichteten Studie fielen 3 Jungen in diese Kategorie, so dass 37 Nicht-Krabbler und 44 Krabbler verblieben. Von den Mädchen mussten sieben Kinder ausgeschlossen werden, so dass diese Stichprobe 41 Nicht-Krabbler und 36 Krabbler umfasste. Die Kinder krabbelten im Durchschnitt seit 7.94 Wochen ($SD = 4.33$).

Der Ausschluss der 10 Kinder erbrachte nur geringfügige Veränderungen der Ergebnisse.

Diese sind daher im Anhang 9 dargestellt. Erwähnenswert bezüglich der deskriptiven Daten ist zum einen, dass Jungen und Mädchen in etwa gleich lange Blickzeiten auf den neuen und

alten Reiz zeigten. Auch das Krabbeln zeigte kaum einen Einfluss. Nicht krabbelnde Kinder blickten den alten und neuen Reiz in etwa gleichlang an. Krabblers betrachteten den neuen Reiz unwesentlich länger. Letzteres galt auch für die männlichen Krabblers. Zum anderen wies auch der Wilcoxon-Test auf die nur geringen Unterschiede in der Präferenz hin. Während einige Jungen mehr den unbekannteren Reiz präferierten, sind es wenige Mädchen mehr, die hingegen den alten Reiz länger betrachteten. Bei den krabbelnden Kindern sind es hingegen drei Kinder mehr, die den bekannten und zwei nicht-krabbelnde Kinder mehr, die den neuen Stimulus bevorzugten.

Kein inferenzstatistischer Vergleich wurde statistisch signifikant.

Ergebnisse der Kinder, die zu beiden Messzeitpunkten anwesend waren

170 Kinder, 90 Jungen und 80 Mädchen, nahmen an beiden Messzeitpunkten teil. Die Präferenzwerte der beiden Messzeitpunkte korrelierten für die männlichen Säuglinge mit $r = .05$, $p = .66$, n.s. (Präferenzwerte 5 Monate: $M = 0.16$, $SD = 2.58$; 9 Monate: $M = 0.11$, $SD = 2.56$) und für die weiblichen mit $r = -.05$, $p = .64$, n.s. (5 Monate: $M = 0.32$, $SD = 2.07$; 9 Monate: $M = -0.13$, $SD = 2.57$) miteinander.

Die Stichprobe mit 5 Monaten wurde anhand des Präferenzwertes gedrittelt. Es ergab sich kein signifikanter Zusammenhang des jeweiligen Präferenzwertes der drei Gruppen mit 5 Monaten (vgl. Tabelle 7) mit dem Präferenzwert bei 9 Monaten, $F(1, 2) = 0.02$, $p = .98$. Dies galt sowohl für die männlichen, $F(1, 2) = 0.44$, $p = .65$, wie auch die weiblichen Säuglinge, $F(1, 2) = 0.32$, $p = .73$.

Tabelle 7

Präferenzwerte mit 5 und 9 Monaten aufgeteilt in drei Gruppen anhand des Präferenzwertes

5 Monate

Gruppe	n	5 Monate		9 Monate	
		M	SD	M	SD
<i>Gesamtstichprobe</i>					
1	55	-2.00	2.18	-0.03	2.94
2	57	0.14	0.39	-0.03	2.00
3	58	2.43	1.41	0.05	2.70
<i>männlich</i>					
1	55	-2.28	2.73	-0.15	2.74
2	57	0.13	0.41	0.02	2.00
3	58	2.42	1.40	0.04	2.55
<i>weiblich</i>					
1	55	-1.68	1.31	0.10	3.19
2	57	0.16	0.37	-0.06	2.05
3	58	2.58	1.57	-0.46	2.48

Deskriptiv betrachtet entwickelten sich sowohl die Kinder, die zuerst eine Neuheits- wie auch eine Vertrautheitspräferenz gezeigt hatten, zur Mitte hin.

Diskussion

Im Folgenden werden die Ergebnisse nach Hypothesen getrennt diskutiert und Verbesserungen für zukünftige Studien vorgeschlagen.

Erste Hypothese

5 und 9 Monate alte Jungen zeigen MR, indem sie eine Neuheitspräferenz aufweisen. Diese Neuheitspräferenz soll bei Jungen größer sein als bei Mädchen.

In der hier vorliegenden Studie mit 5 Monate alten Säuglingen wurde versucht, die Ergebnisse von Moore und Johnson (2008) zu replizieren. Es wurde mit nur minimaler Abweichung die gleiche Methode verwendet. Angenommen wurde, dass wie bei Moore und Johnson (2008) die Jungen eine Präferenz für den unbekanntem Reiz zeigen würden. Dies werteten die Autoren als Fähigkeit zur MR. Die Mädchen hingegen sollten keinen bestimmten Reiz bevorzugen.

Die hier berichtete Untersuchung konnte die Befunde von Moore und Johnson (2008) nicht bestätigen. Weibliche und männliche Säuglinge unterschieden sich, wie in der Originalstudie, nicht in der Zeit, die sie bis zur Habituation benötigten, noch in der Anzahl an Durchgängen. Beide Geschlechter zeigten in der Testphase, abweichend zu Moore und Johnson (2008), eine Vertrautheitspräferenz. Der Präferenzwert von Jungen und Mädchen war hierbei fast gleich groß und wies ebenfalls auf keinen Unterschied zwischen den Geschlechtern hin. Das Alter der Kinder, sowie das Ansetzen eines strengeren Habituationkriteriums hatten keinen Einfluss, sondern bestätigten die gefundenen Ergebnisse.

So bekräftigte die Aufspaltung der Gesamtstichprobe in zwei Altersgruppen, bei der die jüngere im Mittel in etwa gleichhalt mit der Stichprobe von Moore und Johnson (2008) war und

die ältere Stichprobe im Durchschnitt 19 Tage älter, die Resultate. Es zeigte sich kein Einfluss des Alters oder des Geschlechts. In beiden Altersgruppen hatten beide Geschlechter eine Vertrautheitspräferenz. Deskriptiv betrachtet wurde diese mit dem Alter größer.

Ebenso unterstützte die Aufteilung nach dem strengeren Habituationkriterium die Befunde. In der Testphase zeigte sich bei beiden eine Vertrautheitspräferenz, wobei die Präferenz bei den Mädchen deutlicher war als bei den Jungen.

Mit neun Monaten wurden, wie bei 5 Monaten auch angenommen, analoge Ergebnisse zu Moore und Johnson (2008) und Quinn und Liben (2013) erwartet, nämlich eine Neuheitspräferenz der männlichen Säuglinge, die deutlicher sein sollte, als die der Mädchen. Dies konnte nur teilweise gefunden werden. Es zeigten sich weder Geschlechtereffekte noch, wie beim ersten Messzeitpunkt, eine einheitliche Präferenz für einen, in dem Fall vertrauten Reiz. Es wurden beide Stimuli sowohl von weiblichen, als auch männlichen Säuglingen in etwa gleichlang angeschaut. Die Mädchen entsprachen demnach den bisherigen Studien bei denen die weiblichen Säuglinge keine Bevorzugung eines Reizes gezeigt hatten (Moore & Johnson, 2008, 2011; Quinn & Liben, 2008, 2013). Bei den Jungen ergab sich eine minimale Tendenz hin zur Neuheitspräferenz, sowohl über den Differenzwert, als auch über die Anzahl der Kinder, die den unbekanntem Reiz länger betrachteten (45 Jungen, 54%). Diese war jedoch so gering, dass nicht von einer Unterscheidung gesprochen werden kann. Bei den weiblichen Säuglingen wiesen der marginale Neuheitspräferenzwert knapp über Null und der Prozentwert von 52% der Kinder, die den alten Reiz länger betrachteten, in unterschiedliche Richtungen und damit darauf hin, dass Mädchen beide Stimuli in etwa gleichlang betrachteten. Diese Effekte waren jedoch sehr instabil und drehten sich um, wenn nur die nach dem strengeren Kriterium habituierten Kinder ausgewählt wurden. Dann bevorzugten die Jungen eher den bekannten und die Mädchen den neuen Reiz. Diese Unterschiede waren ebenfalls minimal und nur deskriptiv zu beobachten.

Zusammengefasst wiesen die Ergebnisse der Neun-Monats-Stichprobe demnach auf keine Geschlechterunterschiede hin und auch auf keine Präferenz eines bestimmten Stimulus.

Erwähnt werden muss in diesem Zusammenhang, dass sich weibliche und männliche Säuglinge mit 9 Monaten in der aufsummierten Habituationszeit unterschieden. Die Jungen schauten den Reiz während der Habituation signifikant länger an. Dies war bisher in keiner publizierten Studie aufgetreten.

Der Vergleich der Säuglinge, die an beiden Messzeitpunkten teilgenommen hatten, wies auf keinen Zusammenhang von Präferenzen der ersten und zweiten Erhebung hin. Sowohl die Kinder, die mit 5 Monaten eine Vertrautheitspräferenz, als auch die, die keine oder eine Bevorzugung des unbekanntes Reizes gezeigt hatten, wiesen mit 9 Monaten keine Präferenz eines bestimmten Stimulus mehr auf. Dies galt für die Gesamtstichprobe und auch für Jungen und Mädchen getrennt.

Demnach konnten die Ergebnisse von Moore und Johnson (2008) weder repliziert noch erweitert werden. Es wurden sowohl mit 5 als auch mit 9 Monaten keine Geschlechterunterschiede zugunsten der Jungen noch ein Zusammenhang zwischen beiden Messzeitpunkten gefunden.

Damit widersprechen die in diesen Studien gefundenen Ergebnisse also denen von Moore und Johnson (2008, 2011), Quinn und Liben (2008, 2013) und Lauer et al. (2015), die Geschlechterdifferenzen zugunsten der männlichen Säuglinge fanden. Sie gehen jedoch mit den Befunden von deutlich mehr Forschergruppen einher, die keine Genderunterschiede bei Säuglingen im Alter von 4 bis 11 Monaten entdecken konnten (Frick & Möhring, 2012, 2013; Hespos & Rochat, 1997; Möhring & Frick, 2013; Rochat & Hespos, 1996; Schwarzer et al., 2012; Schwarzer et al., 2013)

Die hier vorgestellten Arbeiten wichen allerdings in ihrer Methode geringfügig von der Originalarbeit von Moore und Johnson (2008) ab. Wie bei Moore und Johnson (2008) saß das Kind während des Versuchs auf dem Schoß der Begleitperson, die aber in der Originalstudie die Augen während des Versuchs geschlossen hatten, um eine mögliche Beeinflussung des Kindes auszuschließen. In den hier berichteten Studien konnten die Begleitperson die Augen geöffnet halten und wurden nur gebeten, das Kind nicht zu beeinflussen. Eine non-verbale Kommunikation wie veränderte Atmung oder Bewegungen ist demnach nicht auszuschließen. Bildschirmabstand und Bildschirmpräsentation hatten zudem andere, jedoch angegliche Proportionen. Das Kind saß 10 cm weiter von Display entfernt, der Stimulus wurde dafür größer dargestellt. Eventuell führte der weitere Abstand, es wurden mehr Reize im Raum sichtbar, verbunden mit der aktiveren Teilnahme der Bezugsperson zu mehr Ablenkung vom Reiz. Eventuell kam es so eher von Seiten des Kindes zu einer Kontaktaufnahme mit der Bezugsperson oder aber einer Aufmerksamkeitslenkung in den Raum. Die leicht veränderte Methode erscheint als Erklärung der abweichenden Ergebnisse allerdings unzureichend.

Die Stichprobe mit 5 Monaten umfasste mit 208 Kindern ca. 5-mal so viele Kinder wie bei Moore und Johnson (2008). Mit 168 Kindern ergab die Population mit 9 Monaten immer noch deutlich mehr Kinder, als alle bisherigen Studien zu MR bei Säuglingen, die im Schnitt 24 bis 56 Kinder betrug und Geschlechterunterschiede fanden (Lauer et al., 2015; Moore & Johnson, 2008, 2011; Quinn & Liben, 2008, 2013). In Abbildung 12 ist Abbildung 5 aus der Einleitung wiedergegeben und um die zwei Studien ergänzt. Die Konfidenzintervalle dieser Experimente sind aufgrund der großen Stichprobe deutlich schmaler, erlauben also eine genauere Schätzung. Der Einschluss der Null weist darauf hin, dass sich Jungen und Mädchen nicht voneinander unterscheiden. Es wird deutlich, dass einige Studien nur ganz knapp Geschlechterunterschiede fanden. Die Konfidenzintervalle der Studien 1 und 2 überlappen nicht mit denen von Quinn und Liben im Alter von 3 bis 7 Monaten (Quinn & Liben, 2008, 2013),

was bedeutet, dass sich diese Gruppen signifikant voneinander unterscheiden. Letztere hatten die größten Geschlechterunterschiede zugunsten der Jungen bei einer anderen, als einfacher erachteten Methode entdeckt.

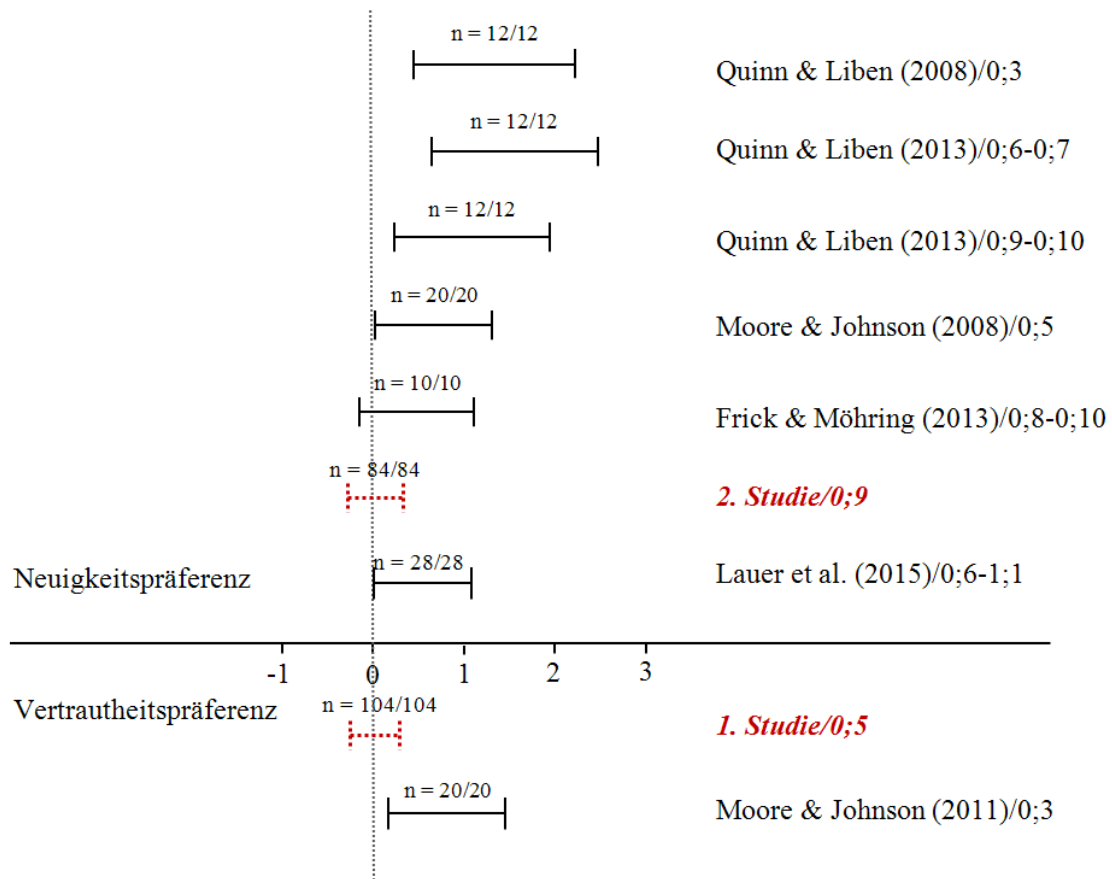


Abbildung 12. Konfidenzintervalle der Studien zu Geschlechtereffekten in MR im Säuglingsalter (zugunsten der Jungen) unter Einbezug der hier vorgestellten Experimente. Hinter der Quellenangabe befindet sich das Alter in Monaten.

Die hier gefundenen Ergebnisse der Erhebung mit 5 Monaten ähneln teilweise denen der zweiten Studie von Moore und Johnson (2011) mit 3 Monate alten Kindern. Dort bevorzugten nur die männlichen Säuglinge den bekannten Stimulus, während die weiblichen ebenfalls kei-

ne Präferenz zeigten. Die Autoren erklärten dies mit Hilfe eines Modells von Hunter und Ames (1988), welches besagt, dass eine Vertrautheitspräferenz darauf hinweist, dass der Stimulus während der Habituationsphase noch nicht vollständig verarbeitet wurde. Ebenfalls führten Moore und Johnson (2011) Studien an, die postulieren, dass die Fixationsdauer mit der Verarbeitungsgeschwindigkeit einhergeht und längere Blickzeiten auf noch andauernde Verarbeitung hinweist, was insbesondere bei sehr jungen Kindern oder sehr komplexen Stimuli der Fall sei (Colombo, 1995; Fiser & Aslin, 2002).

Laut dem Modell von Hunter und Ames (1988; vgl. Abb. 13) wechselt der Säugling über die Darbietungszeit des Habituationsreizes von keiner Bevorzugung zu einer Vertrautheitspräferenz zurück zu keiner und dann zu einer Neuheitspräferenz. Während die erste Phase der fehlenden Bevorzugung eher darauf hindeutet, dass das Kleinstkind entweder beide Reize gleich attraktiv findet oder noch nicht zwischen den Reizen unterscheiden kann, bedeutet die zweite Phase der mangelnden Präferenz, dass das Kind sehr wohl dazu in der Lage ist zu diskriminieren, nur dass die Aufmerksamkeit, die die beiden Stimuli auf sich ziehen, gleich verteilt ist. Sie nimmt beim bekannten Reiz ab und gleichzeitig steigt die Attraktivität des neuen (ebenda).

Auf die Fixationsdauer während der Habituation (Hunter, Ames, & Koopman, 1983; Roder, Bushneil, & Sasseville, 2000) haben ebenfalls die Komplexität des Reizes, das Alter des Kindes und individuelle Unterschiede einen Einfluss. Zu den individuellen Unterschieden könnten vielleicht auch Geschlecht, Hormonstatus und manuelle Fähigkeiten gehören.

Leider geben Moore und Johnson (2008, 2011) die Habituationszeiten in ihren Experimenten nicht an. Die Kinder wiesen allerdings deutlich längere Blickzeiten in den Testphasen auf als die Kinder dieser Studien. Eine längere Blickzeit deutet auf eine intensivere Erfassung des Stimulus hin (z.B. Colombo, 1995; Fiser & Aslin, 2002; Hunter & Ames, 1988). Bei den hier vorgestellten Erhebungen nahm die Blickzeit um die Habituationstrials fast kontinuierlich ab und bei den neun Monate alten Kindern auch während der Testphase. Wird dies auf die ame-

rikanischen Kinder übertragen, ist anzunehmen, dass sie längere Habituationszeiten als die Säuglinge dieser Arbeit aufwiesen und auch in der Gewöhnungsphase der Reiz tiefer verarbeitet wurde. Zwar fokussierten die 3 Monate alten Kinder in der Testphase länger als die 5 Monatigen (Moore & Johnson, 2008, 2011), allerdings hat das Alter ebenfalls einen Einfluss.

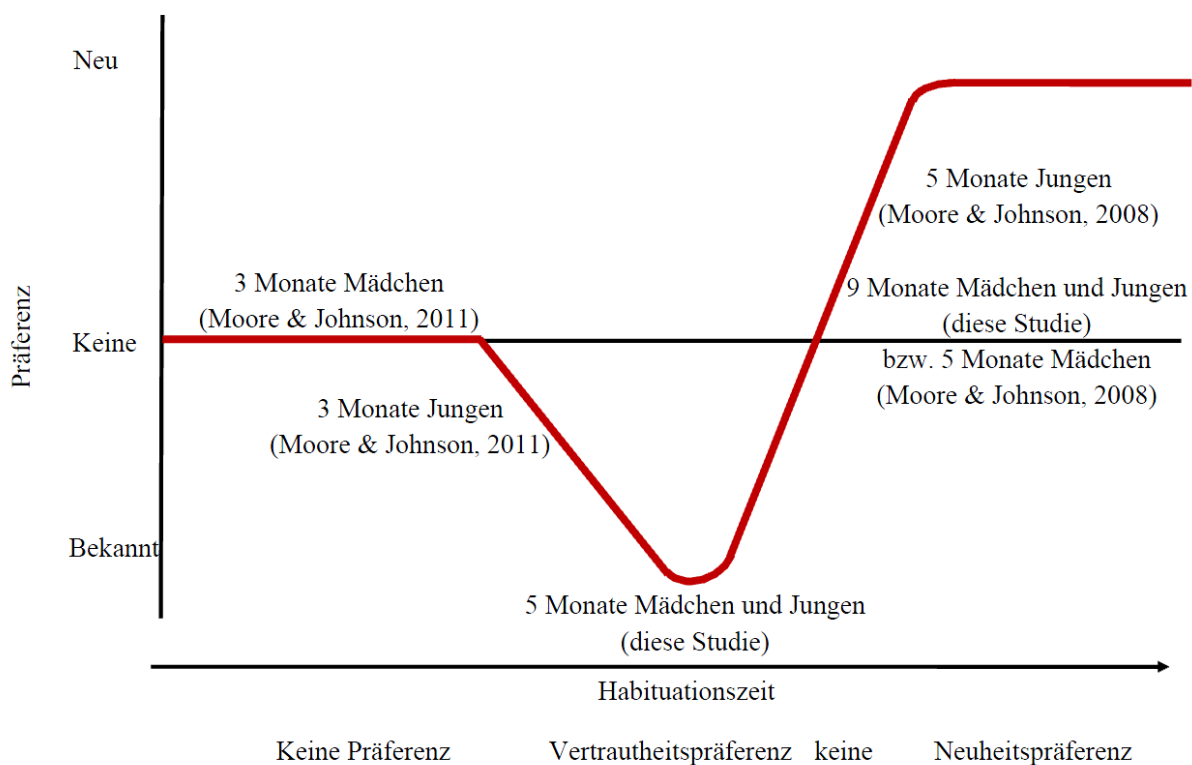


Abbildung 13. Art der Präferenz abhängig von der Habituationszeit. Entnommen aus Hunter und Ames (1988) und ergänzt um theoretische Annahmen der Studien von Moore und Johnson (2008, 2011) und der vorliegenden Studien.

In Abbildung 13 sind hypothetische Zusammenhänge der Einflussfaktoren Habituationszeit und Alter der Säuglinge nach Hunter und Ames (1988) für die vier Studien dargestellt, die die Methode von Moore und Johnson (2008) verwendeten. Somit blieb die Schwierigkeit des Stimulusmaterials für alle Probanden gleich. Die Säuglinge dieser Arbeit waren mit 5 bzw. 9 Monaten genauso alt bzw. älter, als die Kinder von Moore und Johnson (2008), wiesen jedoch

sehr geringe und vermutlich kürzere Habituationszeiten auf. Die 5 Monate alten Säuglinge schienen die Verarbeitung des Reizes trotz Abnahme der Blickzeiten noch nicht abgeschlossen zu haben und zeigten daher eine Vertrautheitspräferenz. Diese wurde mit zunehmendem Alter etwas größer (deskriptive Ergebnisse bei Aufsplittung nach Alter). Zudem zeigten die tatsächlich habituierten Jungen eine etwas größere Bevorzugung des bekannten Reizes (deskriptive Ergebnisse der Betrachtung nach dem strengeren Habituationskriterium).

Die 9 Monate alten Kinder waren zwar deutlich älter und hatten etwas längere Habituationszeiten als die 5-monatigen Kinder, befanden sich aber vermutlich auch aufgrund der noch immer geringeren Blickzeiten im Übergang von einer Vertrautheits- zur Neuigkeitspräferenz und zeigten daher keinerlei Bevorzugung. Bei den 5 Monate alten Säuglingen von Moore und Johnson (2008) hingegen scheint die längere Blickzeit aka Verarbeitung für die Jungen ausreichend zu haben, um bei gleichem Stimulusmaterial eine Neuheitspräferenz zu erreichen. Die Mädchen hingegen befanden sich ungefähr auf einer Stufe mit den 9-monatigen dieser Studie. Ausgehend von einer noch nicht abgeschlossenen Verarbeitung des Habituationsreizes hätte eine erneute Darbietung dessen während der Testphase bezüglich der Überprüfung der Gewöhnung während der Testphase eventuell eine Neuheitspräferenz hervorrufen können.

Angelehnt an das oben genannte Modell müsste jegliche Form von Präferenz eine Fähigkeit zur MR voraussetzen. In der Testphase wurde eine bisher ungesehene Perspektive des bekannten Reizes und sein Spiegelbild präsentiert. Beide sind für das Kind also neue Ansichten. Die noch nicht gesehenen Winkel des bekannten Reizes als solche zu identifizieren, ist demnach auch eine kognitive Diskriminationsleistung, für die MR nötig ist. Wie Moore und Johnson (2011) für ihre weiblichen Säuglinge argumentierten, könnte auch hier für die 9 Monate alten Kinder gelten, dass keine signifikante Präferenz nicht bedeutet, dass die Kleinstkinder nicht MR durchführen. Keines der Kinder guckte beide Reize gleichlang an, nur ca. 50% der Mädchen und Jungen bevorzugte den alten bzw. neuen Stimulus, so dass es sich über das Mit-

tel ausgleicht. Eine alternative Erklärung wäre, dass die 9 Monate alten Kinder kein Interesse mehr an dem Stimulus haben, daher die fast linear abnehmenden Blickzeiten über die Habituations- und Testtrials. Eventuell erkannten sie den Reiz auch vom ersten Messzeitpunkt wieder, da der Vergleich beider Messzeitpunkte zeigte, dass sowohl die Kinder, die mit 5 Monaten den bekannten oder unbekanntem Reiz bevorzugt hatten, nun keine Präferenz mehr hatten. Vielleicht war die Aufgabe jedoch auch für sie einfach uninteressant oder bereits zu einfach und daher langweilig. Dagegen spricht der Befund von Quinn und Liben (2013), die MR bei Jungen mit zweidimensionalem, als einfacher erachteten Reizmaterial nachweisen konnten, und dies scheinbar nicht langweilig oder uninteressant fanden.

Ebenfalls weisen einige Studien auf eine Entwicklung über das Alter hinweg hin. Hespos und Rochat (1997) konnten mit dem violation-of-expectation-Paradigma eine Entwicklung von 4 zu 6 Monaten in dem Sinne aufzeigen, dass die jüngeren Kinder mehr Informationen und einen geringeren Schwierigkeitsgrad benötigen, um die Aufgabe zu meistern. Bei Frick und Möhring (2012), die das gleiche Paradigma nutzten, konnten 4 Monate alte Kinder noch gar nicht mental rotieren und auch mit 8 Monaten betrachteten sie das mögliche bzw. unmögliche Ereignis (in etwa gleichzusetzten mit dem bekannten bzw. unbekanntem Reiz) noch gleichlang; erst mit 10 Monaten zeigte sich eine längere Blickzeit auf das unmögliche Ereignis (Frick & Möhring, 2013). Diese Studien würden das Modell von Hunter und Ames (1988) unterstützen, in dem das Alter dahingehend einen Einfluss hat, dass bei älteren Kindern kürzere Habituationszeiten benötigt werden, um zur Neuheitspräferenz zu gelangen. Die Befunde weisen aber auch darauf hin, dass bei gleichem Paradigma in manchen Fällen jüngere Säuglinge eine Aufgabe vermeintlich bewerkstelligen können, an denen ältere versagen. Dies ist jedoch ein Problem, was auch in anderen Bereichen der Säuglingsforschung auftritt. So können Säuglinge Aufgaben zum Beispiel zum Perspektivenwechsel, Theory of mind und intuitiver Physik scheinbar lösen, an denen ältere Kinder (um die 4 Jahre) scheitern (für eine Übersicht siehe Frick, Möhring, & Newcombe, 2014). Frick et al. (2014) schlagen zwei mögliche

Erklärungsansätze für dieses Phänomen vor. Zum einen könnte es sich um eine Fähigkeit handeln, die im Säuglingsalter erworben und vorübergehend verloren wird, was einem U-förmigen Verlauf nahe käme, oder aber es werden in den verschiedenen Altersklassen nicht einheitliche Paradigmen genutzt, die auch unterschiedliche Fähigkeiten messen und der Verlauf wäre annähernd linear. Bezogen auf diese Längsschnittstudie mit 5 und 9 Monaten würden gegen die erste Hypothese die Befunde von Quinn und Liben (2008, 2013) sprechen, gegen die zweite, dass zu beiden Messzeitpunkten das gleiche Verfahren genutzt wurde. Nichtsdestotrotz kann nicht vollständig ausgeschlossen werden, dass es sich gegebenenfalls bei dem verwendeten Verfahren um ein Paradigma handelt, dass bei älteren Säuglingen mit 9 Monaten nicht mehr greift und eventuell für dieses Alter nicht mehr geeignet ist.

Zweite Hypothese

Pränatales T zeigt bei Kindern, die mental rotieren können, einen positiven Zusammenhang. Dieser soll für Jungen deutlicher sein. Pränatales E₂ hat ebenfalls einen Einfluss auf MR; die Richtung bleibt offen.

In den vorliegenden Studien wurden die Sexualhormone T und E₂ aus dem Fruchtwasser, das während einer Amniozentese gewonnen wurde, mit der MR-Leistung im Säuglingsalter in Zusammenhang gebracht. Diese Arbeiten scheinen dabei die ersten zu sein, die diese Korrelationen untersuchten.

Bei 5 Monaten zeigte sich für beide Geschlechter eine Präferenz des bekannten Reizes. Dies kann ebenfalls als Fähigkeit zur MR gedeutet werden (s.o.). Weibliche und männliche Säuglinge unterschieden sich in den Zusammenhängen der Hormone mit MR. Bei den Jungen zeigte sich ein positiver Zusammenhang mit T der einseitig signifikant wurde, bei den Mädchen wurde die Korrelation mit E₂ bei einseitiger Testung fast signifikant. Die Effekte waren demnach nur schwach, jedoch waren Tendenzen vorhanden. Folglich kann T als Prädiktor für

die Jungen und E_2 vermutlich als Prädiktor für die Mädchen angesehen werden. Zudem konnte bestätigt werden, dass gerichtet betrachtet das Geschlecht tendenziell moderierend auf den Zusammenhang zwischen den Sexualhormonen und MR wirkt.

Bei 9 Monaten zeigten sich keine signifikanten Zusammenhänge. Der gerade signifikant gewordene negative Zusammenhang bei krabbelnden Jungen zwischen E_2 und MR konnte auf zwei Ausreißer zurückgeführt werden und daher vernachlässigt werden.

Bisher gab es zwei andere Studien, die MR im Kindesalter mit pränatalem, aus dem Fruchtwasser gewonnenen T in Zusammenhang gebracht hatten. Während in der einen pränatales T über beide Geschlechter ein begünstigender Faktor für MR im Kindesalter (Grimshaw et al., 1995) darstellte, waren bei der anderen keine Zusammenhänge festgestellt worden (Auyeung et al., 2012). Generell schien pränatales T nur einen Einfluss zu haben, wenn die Kinder überhaupt mental rotieren konnten. Allerdings unterschieden sich alle Studien, diese mit eingeschlossen, in ihren Analysemethoden, Maßeinheiten und Messzeitpunkten des Fruchtwassers. So differenzieren die T-Werte doch drastisch und können kaum miteinander verglichen werden. Allein der inhaltliche Vergleich (mehr/weniger) erscheint als sinnvoll.

Dass bei den 5-Monate alten Mädchen für T kein positiver Effekt auf die MR nachgewiesen werden konnte, kann an der verwendeten Analysemethode liegen. Ca. 83% der Mädchen hatten einen Wert unterhalb der Nachweisgrenze und ihr Wert musste durch den kleinsten messbaren ersetzt werden. Auch die restlichen 11 Kinder wiesen einen kaum höheren T-Wert auf. Der dadurch entstandene Bodeneffekt könnte einen fehlenden Zusammenhang erklären.

Dies ist ebenfalls bei den Mädchen mit 9 Monaten der Fall. Das bei den älteren Kindern außerdem bei beiden Geschlechtern kein positiver Einfluss gefunden wurde, kann daran liegen, dass keine eindeutige Präferenz für einen Reiz vorlag. Die Studie von Grimshaw et al. (1995) hatte nur bei Kindern, die mental rotieren konnten, einen Effekt von T auf die MR-Leistung

entdeckt. Dies bleibt bei den 9 Monate alten Kindern fraglich. Ca. 50 Prozent der Mädchen bzw. Jungen bevorzugten den alten bzw. neuen Reiz. Dennoch hatten z.B. die Kinder, die eine Neuheitspräferenz zeigten, keinen höheren T-Wert. Die Sexualhormone als individuelle Variable schienen demzufolge keinen modulierenden Einfluss darauf zu haben, welcher Reiz mit 9 Monaten präferiert wurde. Wird aber davon ausgegangen, dass in diesem Stadium sowohl eine Bevorzugung des alten bzw. neuen Stimulus MR darstellt, sind die Ergebnisse logisch zu erklären. Ein hoher T-Wert z.B. könnte demnach sowohl mit einer Vertrautheits- sowie einer Neuheitspräferenz zusammenhängen.

Während bei 5 Monate alten männlichen Säuglingen T als Prädiktor für die MR-Fähigkeit angesehen werden kann, scheint bei 9-Monaten ein anderer Faktor den Ausschlag zu geben. Dieser könnte die motorische Entwicklung des Kindes sein, was in dieser Studie -zumindest für die Komponente Krabbeln- jedoch so nicht gefunden werden konnte (s.u.).

E₂ wurden bisher beim weiblichen Geschlecht keine Effekte auf MR zugeschrieben, beim männlichen eher hindernde. Die bisherigen Befunde stützten sich jedoch auf Erwachsene, die aufgrund bestimmter Erkrankungen einen anderen Hormonhaushalt haben als Gesunde. Es bleibt fraglich, ob diese Erkenntnisse wirklich eins zu eins auf die Normalpopulation übertragbar sind, oder ob ein veränderter Hormonhaushalt nicht auch andere Faktoren mitbedingen kann, die dann zu einer Veränderung in der MR-Leistung führen. Bei gesunden Kindern konnten keine Zusammenhänge von pränatalem E₂ aus dem Fruchtwasser oder Blut der Nabelschnur mit männlichen Verhaltensweisen oder räumlichen Fähigkeiten gefunden werden (Auyeung, Baron-Cohen, Ashwin, Knickmeyer, Taylor, & Hackett, 2009; Jacklin et al., 1988; Lutchmaya et al., 2002b). Allein eine Studie zur Wortschatzgröße mit 18 und 24 Monaten konnte eine negative Assoziation belegen (Lutchmaya et al., 2002b) und deutete einen maskulinisierenden Einfluss von E₂ an. Diese Studie zeigte bei Mädchen mit 5 Monaten einen begünstigenden Einfluss auf die MR-Leistung und unterstützt damit letzteren Befund.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei 5 Monate alten Kindern T als Prädiktor für die MR-Leistung bei männlichen Säuglingen und E_2 voraussichtlich bei weiblichen Säuglingen gesehen werden kann. Das Geschlecht spielt vermutlich eine entscheidende Rolle dabei, welches Hormon den Einfluss auf MR hat. Das in diesem Fall nur von Tendenzen gesprochen werden kann, ist vermutlich auf die Power zurückzuführen. Es kann zudem mit der verwendeten Analyseverfahren zusammenhängen, dass bei den 5 Monate alten Kindern nur bei den Jungen ein positiver Zusammenhang von T mit MR gefunden wurde, und nicht wie angenommen, bei Kindern, die mental rotieren können, sofern die Präferenz des bekannten Stimulus als solche gewertet wird. Bei 9 Monate alten Kindern ließ sich kein Zusammenhang zwischen Sexualhormonen und MR-Leistung feststellen.

Es kann demnach nicht sichergestellt werden, dass die Sexualhormone organisierenden Effekte auf die MR-Leistung haben. Weitere Studien sollten mögliche Zusammenhänge genauer untersuchen. Sie sollten sensitivere Messmethoden verwenden, um die Hormone, insbesondere T, genauer zu erfassen, so dass kein Bodeneffekt entsteht. Andere Forschergruppen nutzten hierfür ein Radioimmunassay (z.B. Auyeung et al., 2012; Lutchmaya et al., 2002b). Hormone aus anderen Bereichen, wie aus den Fingernägeln der Säuglinge, die die prä- und perinatale Konzentration abbilden (Tegethoff et al., 2011), oder das 2D:4D Fingerlängenverhältnis als Marker, könnten sinnvoll sein, um gefundene Ergebnisse zu untermauern.

Dritte Hypothese

Säuglinge, die krabbeln, sind besser in MR, abgebildet über eine Neuheitspräferenz, als nicht-krabbelnde Kinder. Jungen, die krabbeln, sind besser in MR als Mädchen, die krabbeln.

In der Studie mit 9 Monate alten Kindern sollte untersucht werden, dass Krabbeln die MR-Fähigkeit positiv beeinflusst. Ausgehend von den Befunden von Moore und Johnson (2008) wurde, da das gleiche Material genutzt wurde, angenommen, dass Jungen generell besser

mental rotieren können als Mädchen, und die motorische Komponente des Krabbelns dies noch unterstützen würde.

Dies konnte nicht bestätigt werden. Krabbeln hatte keinen Einfluss auf die Präferenz eines speziellen Reizes. Beide Stimuli wurden in etwa gleichlang betrachtet. Ebenso zeigten sich keine Geschlechterunterschiede.

Bezüglich der nicht gefundenen Genderunterschiede stimmen die Ergebnisse mit denen der anderen Forschergruppen, die Motorik als entscheidende Komponente untersuchten, überein (Frick & Möhring, 2012, 2013; Möhring & Frick, 2013; Schwarzer et al., 2012; Schwarzer et al., 2013). Sie widersprechen ihnen jedoch in dem Einfluss der Motorik, zumindest, was das Krabbeln angeht (Schwarzer et al., 2012; Schwarzer et al., 2013). Schwarzer et al. (2012, 2013) wandelten die Reize von Moore und Johnson (2008, 2010) etwas ab. Sie nutzten andere Farben, die einander ähnelten, und kippten die Rotationsache um 60 Grad von der vertikalen zur longitudinalen Achse. Die Autoren bewerteten ihre Methode als die schwierigere und führten darauf die nicht gefundenen Geschlechterunterschiede zurück.

Auch bei Schwarzer et al. (2012) wiesen die Säuglinge etwas längere Blickzeiten auf als die Kinder dieser Studie. Krabbelnde Kinder zeigten generell signifikant längere Blickzeiten. Deskriptiv ließ sich dies auch bei den Daten dieser Studie, die nach dem Kriterium nach Schwarzer et al. (2012) ausgewertet wurden, beobachten. Die Kinder krabbelten in etwa genauso lange wie die bei Schwarzer et al. (2012). Sie betrachteten beide Reize länger und zeigten eine, wenn auch nur minimale, deskriptiv erkennbare Neuheitspräferenz. Diese Bevorzugung des neuen Reizes war bei den männlichen Säuglingen etwas größer als bei den weiblichen. Nicht-Krabber hingegen hatten geringe Blickzeiten und betrachteten beide Reize exakt gleichlang. Trotz einer größeren Stichprobe blieben diese Unterschiede jedoch marginal, gingen aber in die gleiche Richtung. Die verschieden große Gruppengröße Krabber vs. Nicht-

Krabblen reicht als Erklärung nicht aus. Dennoch wäre eine gleiche Gruppengröße bei weiteren Studien wünschenswert.

Die hier gefundenen Ergebnisse gehen jedoch mit denen von Frick und Möhring (2013) einher, die auch keine Interaktion zwischen der Fähigkeit zu krabbeln und der MR-Leistung unter Nutzung des violation-of-expectation-Paradigmas entdeckten. Sie konnten signifikante Zusammenhänge erst mit dem Laufen mit Hilfe finden. Die Autoren untersuchten zudem verschiedene Stadien der Lokomotion, von keiner Fortbewegung über Robben, Krabbeln bis zu Laufen mit Hilfe und fanden eine fast lineare Entwicklung hin zur Präferenz des unmöglichen Ereignisses.

Die hier gefundenen Ergebnisse weisen in die gleiche Richtung, in dem Sinne, dass die motorische Entwicklung einen begünstigenden Einfluss auf die MR-Leistung zu haben scheint.

Obwohl die Kinder in etwa gleichlang wie die Kinder bei Schwarzer et al. (2012) krabbeln konnten, unterschieden sie sich nicht in ihrer MR-Leistung. In weiteren Studien wäre es interessant zu untersuchen, ob dieser Unterschied beim Laufen mit Hilfe, was als nächster Entwicklungsschritt angesehen werden kann, entsteht.

Conclusio

In den hier vorgestellten Studien zur MR im Säuglingsalter und ihre Zusammenhänge zu pränatalen Sexualhormonen und der Motorikkomponente Krabbeln konnten neue, interessante Aspekte entdeckt werden.

5 Monate alte Jungen und Mädchen unterschieden sich nicht in ihrer MR-Leistung, sondern präferierten beide den bekannten Reiz, was als Fähigkeit zur MR gedeutet werden kann. Diese Leistung wurde bei den männlichen Säuglingen von pränatalem T, bei den weiblichen von E₂ positiv beeinflusst.

Bei den 9 Monate alten Kindern zeigten sich ebenfalls keine Geschlechterunterschiede, aber auch keine Stimuluspräferenz oder einen Zusammenhang mit Sexualhormonen. Dies kann als ein Übergang von einer Vertrautheits- hin zur Neuheitspräferenz interpretiert werden oder mangelndes Interesse an dem Stimulusmaterial. Die Motorikkomponente Krabbeln hatte hierbei keinen begünstigenden Einfluss.

Allein die hier gefundenen Hormoneffekte können als Indiz für einen Geschlechterunterschied im Bereich der MR gesehen werden, da T bei den Jungen und E₂ bei den Mädchen positiv mit der MR-Leistung in Zusammenhang stand. Die verschiedenen Sexualhormone könnten also zu (Geschlechter-) Unterschieden im Verhalten führen. Um dies zu überprüfen wären sensitivere Messmethoden oder ein anderer Zugang sinnvoll.

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Studien lassen sich am besten mit dem Modell von Hunter und Ames (1988) erklären. Die 5 Monate alten Säuglinge hatten die Verarbeitung des habituierten Reizes noch nicht abgeschlossen und führten dies in der Testphase weiter fort, während sich die 9 Monate alten Kleinstkinder im Übergang von der Vertrautheits- zur Neuheitspräferenz befanden. Dass die Kinder oder zumindest die Jungen demnach in der MR-Fähigkeit den amerikanischen Kindern hinterher sind, kann mit geringeren Habituationszeiten zusammenhängen. Geschlechterunterschiede scheinen nicht vorzuliegen, wobei das Krabbeln als begünstigender Faktor keine Wirkung zeigte.

Damit spiegeln die hier gefundenen Ergebnisse die heterogene Befundlage im Bereich der MR im Säuglingsalter wieder und unterstützen die Aussagen von Frick et al. (2014), dass robuste Geschlechterunterschiede erst bei älteren Kindern (ab 9 Jahren) gefunden werden. Fünf Studien fanden Geschlechterunterschiede im Säuglingsalter (Lauer et al., 2015; Moore & Johnson, 2008, 2011; Quinn & Liben, 2008, 2013), die verantwortlich für die Fähigkeit zur MR herangezogen wurden, vier weitere führten Krabbeln bzw. andere motorische Aspekte wie die manuelle Exploration als den Faktor an, der unterscheidet, ob mental rotiert werden

kann, oder nicht (Frick & Möhring, 2012, 2013; Möhring & Frick, 2013; Schwarzer et al., 2012; Schwarzer et al., 2013). Allein diese Studien widersprechen sich, denn es wurde MR zumindest bei 3 und 5 bzw. 6 Monate alten Jungen entdeckt, die noch nicht dazu in der Lage waren, zu krabbeln bzw. keine Geschlechterunterschiede bei Kindern gefunden, die krabbeln konnten.

Es ist generell schon erstaunlich, dass nur jeweils drei bzw. zwei Forschergruppen überhaupt Ergebnisse zu den Themen MR und Geschlechterunterschiede bzw. MR und Motorik im Säuglingsalter publiziert haben. Es könnte davon ausgegangen werden, dass es weitaus mehr Studien zur MR im Säuglingsalter gab, die keine Geschlechterunterschiede fanden und auch keine spezifische Präferenz eines Reizes oder keine spezielle Entwicklungskomponente mit eingeschlossen hatten, die aufgrund der mangelnden signifikanten Ergebnisse nicht veröffentlicht wurden. Es darf spekuliert werden, dass in Bezug auf MR im Säuglingsalter ein Publikationbias bzw. das „File Drawer Problem“ (Rosenthal, 1979) vorliegt.

Verwunderlich ist in dem Zusammenhang auch, dass die fünf bisherigen Studien zu Geschlechterunterschieden eine wesentlich geringe Stichprobengröße vorzuweisen hatten und dennoch deutlichere Effekte aufzeigen konnten.

Ebenfalls könnte auch die spezielle Stichprobe einen Einfluss auf die Ergebnisse gehabt haben. Es nahmen nur Kinder teil, deren Mütter wegen unbekannter Gründe eine Amniozentese hatten durchführen lassen. Gründe für eine Fruchtwasseruntersuchung sind oft höheres Alter bzw. Auffälligkeiten während der Schwangerschaft. Da als Kriterium für eine Teilnahme ein APGAR-Index (Apgar, 1953) von mind. 9 Voraussetzung war, kann davon ausgegangen werden, dass nur gesunde Kinder teilgenommen haben, d.h. dass bei etwaigen Auffälligkeiten während der Schwangerschaft diese vermutlich keinen Einfluss genommen hatten. Allerdings waren die Mütter dieser Studie mit einem Durchschnittsalter von ca. 38 Jahren deutlich älter als die Mütter bei einer Geburt in Deutschland mit ca. 31 Jahren (Statistisches Bundesamt der

BRD, 2013). Inwiefern das höhere Alter der Mütter einen Einfluss hätte haben können, bleibt jedoch fraglich.

Allerdings wiesen sowohl die Kinder mit 5 als auch mit 9 Monaten im Vergleich zu den anderen Studien deutlich kürzere Blickzeiten mit hohen Standardabweichungen auf. Eine breitere Streuung erschwert, dass signifikante Ergebnisse gefunden werden können. Die hohe Standardabweichung weist aber auch auf große individuelle Unterschiede in der Entwicklung im Säuglingsalter hin (Berk, 2011). Diese war deutlich höher als in den oben zitierten Studien. Die veränderte Methode scheint hier, wie weiter vorne bereits berichtet, eine Erklärung zu sein. Weitere Studien sollten sich wieder eher am Original orientieren oder, wie in der Säuglingsforschung auch üblich, einen Kindersitz nutzen, um jegliche Beeinflussung auszuschalten (z.B. Alexander, Wilcox, & Farmer, 2009; Alexander, Wilcox, & Woods, 2009).

Die geschlossenen Augen der Bezugsperson bzw. ein Kindersitz, in dem das Kind ohne mögliche Beeinflussung an der Untersuchung teilnehmen kann, könnten auch einen weiteren Einflussfaktor ausschließen. Die Mädchen zeigten bei den Stichproben mit 5 Monaten tatsächlich habituierter Kinder als auch bei 9 Monaten eine signifikant längere aufsummierte Habituationszeit. Lutchmaya et al. (2002a) fanden heraus, dass 12 Monate alte Mädchen deutlich mehr Blickkontakt zu ihren Eltern hatten als Jungen, was negativ mit T aus dem Fruchtwasser zusammenhing.

Als Kritik an der Methode ist generell anzumerken, dass das Habituationskriterium in der Testphase nicht erneut überprüft wurde. Es wurde weiter davon ausgegangen, dass die Gewöhnung an den bekannten Reiz anhielt. In den hier vorgestellten Replikationen wurde diese Methode wie auch das Habituationskriterium beibehalten. Bei der Analyse der Daten veränderte eine Aufteilung der Kinder in tatsächlich Habituiertere jedoch nicht die Ergebnisse. Ob die Habituation aber in der Testphase anhielt, wurde ebenfalls nicht überprüft. Ausgehend von einer noch nicht abgeschlossenen Verarbeitung des Habituationsreizes nach dem Modell von

Hunter und Ames (1988) hätte eine erneute Darbietung des Habituationstimulus während der Testphase eventuell eine Neuheitspräferenz hervorrufen können. Dann wären sicherlich mehr Testreize nötig gewesen, was allerdings den Versuch verlängert hätte. Bei der Arbeit mit Säuglingen bleibt dies abzuwägen. Weitere Studien sollten eine Überprüfung des Habituationskriteriums dennoch in Betracht ziehen.

Die verwendeten Shepard-Metzler-Reize (Shepard & Metzler, 1971) sind eher abstrakte, sich bewegende Würfelformen. Ihr Vorteil ist, dass sie gut evaluiert sind. Wie andere Studien zeigen konnten, präferieren Mädchen hauptsächlich soziale und Jungen vorwiegend physikalisch-mechanische Reize (Connellan, Baron-Cohen, Wheelwright, Batki, & Ahluwalia, 2000; Lutchmaya & Baron-Cohen, 2002). Die Shepard-Metzler-Objekte fallen nun eher in die letztere Kategorie. Ein verändertes Stimulusmaterial z.B. zusätzliche soziale Reize bzw. kindgerechtere Stimuli wie Tiere könnten nützlich sein, um genauere und konstantere Ergebnisse zu erhalten (wie z.B. bei Hahn, Jansen, & Heil, 2010; Jansen et al., 2013; Quaiser-Pohl et al., 2014). So könnten ggf. geringere Blickzeiten der weiblichen Säuglinge wie in der Habituationphase mit 9 Monaten ausgeglichen werden bzw. ein größeres Interesse hervorgerufen werden.

Zur weiteren Standardisierung erscheint eine Methode wie das Eye-Tracking sinnvoll. Hiermit kann genauer überprüft werden, dass das Kind auch tatsächlich den Stimulus fixiert. Zusätzlich kann untersucht werden, welche Stelle des Stimulus betrachtet wird. Krogh, Moore und Johnson (2013; zitiert nach Quinn & Liben, 2013) fanden heraus, dass eine Betrachtung des oberen Teils des Reizes positiv mit MR korrelierte und eher bei 5 Monate alten Jungen vorkam. Ebenfalls soll sich eine vorherige manuelle Exploration mit einem dreidimensionalen Modell des Stimulus nur bei den Mädchen positiv auf die MR-Fähigkeit ausgewirkt haben.

Leider wurden diese Ergebnisse nicht in einem Journal publiziert, sondern entstammen dem Artikel von Quinn und Liben (2013), die wiederum einen Konferenzbeitrag zitieren. Eine ganz genaue Aussage ist demnach nicht möglich. Nebenbei ist es ebenso verwunderlich, dass keine Publikation vorzuliegen scheint (s.o., Publication-Bias). Nichtsdestotrotz kann der Einsatz des Eye-Trackings nützlich sein. Hierbei könnte ebenfalls genauer überprüft werden, ob die Kinder tatsächlich den Stimulus mental rotieren. Wie in der Methode berichtet, bewegt sich der L-Reiz der Habituationstrials zunächst nach links, genau wie sein Testreiz auch. Der R-Reiz rotiert dementsprechend beginnend nach rechts, analog wie der R-Testreiz. Bei einer vermeintlichen Neuheitspräferenz könnte demnach auch vom Kind erkannt worden sein, dass sich der Stimulus zu Beginn in die andere Richtung als der Habituationsreiz dreht. Eine Verfolgung des Blickes mittels Eye-Tracking könnte eventuell diese Frage klären.

Weitere Forschung erscheint sinnvoll, um genauer zu überprüfen, ob Säuglinge tatsächlich mental rotieren können, ob so früh schon Geschlechterunterschiede vorliegen, die eventuell auf Sexualhormone zurück zu führen sind, und in welchem Maße sich motorische Fähigkeiten begünstigend auswirken. Pränatales T bei männlichen und E₂ bei weiblichen Säuglingen scheinen organisierende maskulinisierende Einflüsse auf die MR zu haben, indem sie sie begünstigen und können als Indizien für frühe Geschlechterunterschiede gesehen werden. Das Krabbeln scheint keinen Einfluss zu haben. Dennoch konnten diese Studien trotz ihrer hohen Stichprobenanzahl die Fragen nicht ganz eindeutig klären. Weitere Forschung sollte hier anknüpfen.

Literatur

- Alexander, G. M., Swerdloff, R. S., Wang, C., Davidson, T., McDonald, V., Steiner, B., & Hines, M. (1998). Androgen-behavior correlations in hypogonadal men and eugonadal men - II. Cognitive abilities. *Hormones and Behavior*, *33*(2), 85-94.
doi: 10.1006/hbeh.1998.1439
- Alexander, G. M., Wilcox, T., & Farmer, M. E. (2009). Hormone-behavior associations in early infancy. *Hormones and Behavior*, *56*(5), 498-502.
doi: 10.1016/j.yhbeh.2009.08.003
- Alexander, G. M., Wilcox, T., & Woods, R. (2009). Sex Differences in Infants' Visual Interest in Toys. *Archives of Sexual Behavior*, *38*(3), 427-433.
doi: 10.1007/s10508-008-9430-1
- Alivisatos, B., & Petrides, M. (1997). Functional activation of the human brain during mental rotation. *Neuropsychologia*, *35*(2), 111-118.
- Apgar, V. (1953). A Proposal for a New Method of Evaluation of the Newborn Infant. *Anesthesia and Analgesia*, *120*(5), 1056-1059. doi: 10.1213/ANE.0b013e31829bdc5c
- Auyeung, B., Baron-Cohen, S., Ashwin, E., Knickmeyer, R., Taylor, K., & Hackett, G. (2009). Fetal testosterone and autistic traits. *British Journal of Psychology*, *100*, 1-22.
doi: 10.1348/000712608x311731
- Auyeung, B., Baron-Cohen, S., Ashwin, E., Knickmeyer, R., Taylor, K., & Hackett, G. (2009). Fetal Testosterone Predicts Sexually Differentiated Childhood Behavior in Girls and in Boys. *Psychological Science*, *20*(2), 144-148.
doi: 10.1111/j.1467-9280.2009.02279.x
- Auyeung, B., Baron-Cohen, S., Chapman, E., Knickmeyer, R., Taylor, K., & Hackett, G. (2006). Foetal testosterone and the child systemizing quotient. *European Journal of Endocrinology*, *155*, S123-S130. doi: 10.1530/Eje.1.02260

- 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*(3), 571-581. doi: 10.1007/s10508-011-9864-8
- Auyeung, B., Lombardo, M. V., & Baron-Cohen, S. (2013). Prenatal and postnatal hormone effects on the human brain and cognition. *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology*, *465*(5), 557-571. doi: 10.1007/s00424-013-1268-2
- 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*. doi: 10.1186/2040-2392-1-11
- Barkley, R. A., Ullman, D. G., Otto, L., & Brecht, J. M. (1977). Effects of Sex Typing and Sex Appropriateness of Modeled Behavior on Childrens Imitation. *Child Development*, *48*(2), 721-725. doi: 10.1111/j.1467-8624.1977.tb01227.x
- Barnes, J., Howard, R. J., Senior, C., Brammer, M., Bullmore, E. T., Simmons, A.,... David, A. S. (2000). Cortical activity during rotational and linear transformations. *Neuropsychologia*, *38*(8), 1148-1156. doi: 10.1016/S0028-3932(00)00025-7
- Baron-Cohen, S., Lutchmaya, S., & Knickmeyer, R. (2004). *Prenatal testosterone in mind. Amniotic Fluid Studies*. Cambridge: Bradford Book.
- Ben Khelil, M., Tegethoff, M., Meinschmidt, G., Jamey, C., Ludes, B., & Raul, J. S. (2011). Simultaneous measurement of endogenous cortisol, cortisone, dehydroepiandrosterone, and dehydroepiandrosterone sulfate in nails by use of UPLC-MS-MS. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *401*(4), 1153-1162. doi: 10.1007/s00216-011-5172-3
- Berenbaum, S. A., Bryk, K. L. K., & Beltz, A. M. (2012). Early Androgen Effects on Spatial and Mechanical Abilities: Evidence From Congenital Adrenal Hyperplasia. *Behavioral Neuroscience*, *126*(1), 86-96. doi: 10.1037/A0026652
- Berk, L. E. (2011). *Entwicklungspsychologie* (Vol. 5). München: Pearson.

- Beuschlein, F., & Reincke, M. (2006). Testis. In W. Siegenthaler & H. E. Blum (Eds.), *Klinische Pathophysiologie* (Vol. 6.). Stuttgart: Thieme.
- Breckwoldt, M. (2007). Sexuelle Differenzierung und ihre Störungen. In M. Breckwoldt, M. Kaufmann, & A. Pfleiderer (Eds.), *Gynäkologie und Geburtshilfe* (5. ed., pp. 1-13). Stuttgart: Thieme.
- Brezina, P., & Kearns, W. (2014). The evolving role of genetics in reproductive medicine. *Obstetrics and gynecology clinics of North America*, *41*(1), 41-55.
doi: 10.1016/j.ogc.2013.10.006
- Chapman, E., Baron-Cohen, S., Auyeung, B., Knickmeyer, R., 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*(2), 135-148.
doi: 10.1080/17470910600992239
- 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*(2), 353-384.
doi: 10.1016/j.neubiorev.2004.11.004
- Cohen, M. S., Kosslyn, S. M., Breiter, H. C., DiGirolamo, G. J., Thompson, W. L., Anderson, A. K. (1996). Changes in cortical activity during mental rotation - A mapping study using functional MRI. *Brain*, *119*, 89-100. doi: 10.1093/brain/119.1.89
- Cole-Harding, S., Morstad, A. L., & Wilson, J. R. (1988). Spatial ability in members of opposite-sex twin pairs. *Behavior Genetics*, *18*(6), 710-710.
- Colombo, J. (1995). On the Neural Mechanisms Underlying Developmental and Individual Differences in Visual Fixation in Infancy - 2 Hypotheses. *Developmental Review*, *15*(2), 97-135. doi: 10.1006/drev.1995.1005

- Connellan, J., Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Batki, A., & Ahluwalia, J. (2000). Sex differences in human neonatal social perception. *Infant Behavior & Development, 23*(1), 113-118. doi: 10.1016/S0163-6383(00)00032-1
- Constantinescu, M., & Hines, M. (2012). Relating Prenatal Testosterone Exposure to Postnatal Behavior in Typically Developing Children: Methods and Findings. *Child Development Perspectives, 6*(4), 407-413. doi: 10.1111/j.1750-8606.2012.00257.x
- Courvoisier, D. S., Renaud, O., Geiser, C., Paschke, K., Gaudy, K., & Jordan, K. (2013). Sex hormones and mental rotation: An intensive longitudinal investigation. *Hormones and Behavior, 63*(2), 345-351. doi: 10.1016/j.yhbeh.2012.12.007
- Destatis Statistisches Bundesamt. (2013). Alter der Mutter. Durchschnittliches Alter der Mutter bei der Geburt des Kindes 2013 (biologische Geburtenfolge) nach Bundesländern. Retrieved 07.05.2015, from <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Geburten/Tabelle/GeburtenMutterAlterBundeslaender.html>
- Deutsch, G., Bourbon, W. T., Papanicolaou, A. C., & Eisenberg, H. M. (1988). Visuospatial Tasks Compared Via Activation of Regional Cerebral Blood-Flow. *Neuropsychologia, 26*(3), 445-452. doi: 10.1016/0028-3932(88)90097-8
- Dietrich, T., Krings, T., Neulen, J., Willmes, K., Erberich, S., Thron, A., & Sturm, W. (2001). Effects of blood estrogen level on cortical activation patterns during cognitive activation as measured by functional MRI. *Neuroimage, 13*(3), 425-432. doi: 10.1006/nimg.2001.0703
- Duka, T., Tasker, R., & McGowan, J. F. (2000). The effects of 3-week estrogen hormone replacement on cognition in elderly healthy females. *Psychopharmacology, 149*(2), 129-139. doi: 10.1007/s002139900324

- Eckel, L. A., Arnold, A. P., Hampson, E., Becker, J. B., Blaustein, J. D., & Herman, J. P. (2008). Research and Methodological Issues in the Study of Sex Differences and Hormone-Behavior Relations. In J. B. Becker, K. J. Berkley, N. Geary, E. Hampson, J. P. Herman, & E. A. Young (Eds.), *Sex Differences in the Brain. From Genes to Behavior*. Oxford: University Press.
- Epting, L. K., & Overman, W. H. (1998). Sex-sensitive tasks in men and women: A search for performance fluctuations across the menstrual cycle. *Behavioral Neuroscience*, *112*(6), 1304-1317. doi: 10.1037/0735-7044.112.6.1304
- Estes, D. (1998). Young children's awareness of their mental activity: The case of mental rotation. *Child Development*, *69*(5), 1345-1360. doi: 10.2307/1132270
- Fagot, B. I., & Hagan, R. (1991). Observations of Parent Reactions to Sex-Stereotyped Behaviors - Age and Sex Effects. *Child Development*, *62*(3), 617-628.
doi: 10.1111/j.1467-8624.1991.tb01556.x
- Fairbrother, G., Johnson, S., Musci, T. J., & Song, K. (2013). Clinical experience of noninvasive prenatal testing with cell-free DNA for fetal trisomies 21, 18, and 13, in a general screening population. *Prenatal Diagnosis*, *33*(6), 580-583. doi: 10.1002/pd.4092
- Fausto-Sterling, A., Coll, C., & Lamarre, M. (2012). Sexing the baby: Part 1. What do we really know about sex differentiation in the first three years of life? *Social science & medicine*, *74*(11), 1684-1692. doi: 10.1016/j.socscimed.2011.05.051
- Finegan, J. A. K., Niccols, G. A., & Sitarenios, G. (1992). Relations between Prenatal Testosterone Levels and Cognitive-Abilities at 4 Years. *Developmental Psychology*, *28*(6), 1075-1089. doi: 10.1037/0012-1649.28.6.1075
- Fiser, J., & Aslin, R. N. (2002). Statistical learning of new visual feature combinations by infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *99*(24), 15822-15826. doi: 10.1073/pnas.232472899

- Frick, A., Daum, M., Walser, S., & Mast, F. W. (2009). Motor Processes in Children's Mental Rotation. *Journal of cognition and development, 10*(1-2), 18-40.
- Frick, A., Ferrara, K., & Newcombe, N. S. (2013). Using a touch screen paradigm to assess the development of mental rotation between 3 1/2 and 5 1/2 years of age. *Cognitive Processing, 14*(2), 117-127. doi: 10.1007/s10339-012-0534-0
- Frick, A., Hansen, M. A., & Newcombe, N. S. (2013). Development of mental rotation in 3-to 5-year-old children. *Cognitive Development, 28*(4), 386-399.
doi: 10.1016/j.cogdev.2013.06.002
- Frick, A., & Möhring, W. (2012). Effects of manual experience on 4-to 11-month-olds' mental object rotation. *Cognitive Processing, 13*, S40-S41.
doi: 10.1007/s10339-012-0511-7
- Frick, A., & Möhring, W. (2013). Mental object rotation and motor development in 8- and 10-month-old infants. *Journal of Experimental Child Psychology, 115*(4), 708-720.
doi: 10.1016/j.jecp.2013.04.001
- Frick, A., Möhring, W., & Newcombe, N. S. (2014). Development of mental transformation abilities. *Trends in cognitive sciences, 18*(10), 536-542.
doi: 10.1016/j.tics.2014.05.011
- Frick, A., & Wang, S. H. (2014). Mental Spatial Transformations in 14-and 16-Month-Old Infants: Effects of Action and Observational Experience. *Child Development, 85*(1), 278-293. doi: 10.1111/Cdev.12116
- Geiser, C., Lehmann, W., Corth, M., & Eid, M. (2008). Quantitative and qualitative change in children's mental rotation performance. *Learning and Individual Differences, 18*(4), 419-429. doi: 10.1016/j.lindif.2007.09.001
- Geiser, C., Lehmann, W., & Eid, M. (2008). A note on the development of sex differences in three-dimensional mental rotation. *International Journal of Psychology, 43*(3-4), 585-585. doi: 10.1016/j.intell.2007.12.003

- Geist, C., & Ahrendt, C. (2007). *Hebammenkunde: Lehrbuch für Schwangerschaft, Geburt, Wochenbett und Beruf*. Stuttgart: Thieme.
- Gitau, R., Adams, D., Fisk, N. M., & Glover, V. (2005). Fetal plasma testosterone correlates positively with cortisol. *Archives of Disease in Childhood*, *90*(2), 166-169. doi: 10.1136/adc.2004.049320
- Go, A. T. J. I., van Vugt, J. M. G., & Oudejans, C. B. M. (2011). Non-invasive aneuploidy detection using free fetal DNA and RNA in maternal plasma: recent progress and future possibilities. *Human reproduction update*, *17*(3), 372-382. doi: 10.1093/humupd/dmq054
- Gordon, H. W., & Lee, P. A. (1993). No Difference in Cognitive Performance between Phases of the Menstrual-Cycle. *Psychoneuroendocrinology*, *18*(7), 521-531. doi: 10.1016/0306-4530(93)90045-M
- Gouchie, C., & Kimura, D. (1991). The relationship between testosterone levels and cognitive ability patterns. *Psychoneuroendocrinology*, *16*(4), 323-334. doi: 10.1016/0306-4530(91)90018-O
- Gressner, A. M., & Arndt, T. (2007). *Lexikon der medizinischen Laboratoriumsdiagnostik. Band 1: Klinische Chemie*. Heidelberg: Springer.
- Griksiene, R., & Ruksenas, O. (2011). Effects of hormonal contraceptives on mental rotation and verbal fluency. *Psychoneuroendocrinology*, *36*(8), 1239-1248. doi: 10.1016/j.psyneuen.2011.03.001
- 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*(1), 85-100. doi: 10.1006/brcg.1995.1269
- Hahn, N., Jansen, P., & Heil, M. (2010). Preschoolers' Mental Rotation: Sex Differences in Hemispheric Asymmetry. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *22*(6), 1244-1250. doi: 10.1162/jocn.2009.21236

- Halari, R., Hines, M., Kumari, V., Mehrotra, R., Wheeler, M., Ng, V. (2005). Sex differences and individual differences in cognitive performance and their relationship to endogenous gonadal hormones and gonadotropins. *Behavioral Neuroscience*, *119*(1), 104-117. doi: 10.1037/0735-7044.119.1.104
- Hampson, E. (2008). Endocrine Contributions to Sex Differences in Visospatial Perception and Cognition. In J. B. Becker, K. J. Berkley, N. Geary, E. Hampson, J. P. Herman, & E. A. Young (Eds.), *Sex Differences In The Brain From Genes To Behavior* (pp. 311-325). Oxford: Oxford Universtiy Press.
- Hampson, E., Levy-Cooperman, N., & Korman, J. M. (2014). Estradiol and mental rotation: Relation to dimensionality, difficulty, or angular disparity? *Hormones and Behavior*, *65*(3), 238-248. doi: 10.1016/j.yhbeh.2013.12.016
- Hausmann, M., Slabbekoorn, D., Van Goozen, S. H. M., Cohen-Kettenis, P. T., & Gunturkun, O. (2000). Sex hormones affect spatial abilities during the menstrual cycle. *Behavioral Neuroscience*, *114*(6), 1245-1250. doi: 10.1037/0735-7044.114.6.1245
- Heil, M., & Jansen-Osmann, P. (2008). Gender differences in math and mental rotation accuracy but not in mental rotation speed in 8-years-old children. *European Journal of Developmental Science*, *2*(1-2), 195-201. doi: 10.3233/DEV-2008-21212
- Heil, M., Kavsek, M., Rolke, B., Beste, C., & Jansen, P. (2011). Mental rotation in female fraternal twins: Evidence for intra-uterine hormone transfer? *Biological Psychology*, *86*(1), 90-93. doi: 10.1016/j.biopsycho.2010.11.002
- Hespos, S. J., & Rochat, P. (1997). Dynamic mental representation in infancy. *Cognition*, *64*(2), 153-188. doi: 10.1016/S0010-0277(97)00029-2
- Hines, M. (2004). *Brain gender*. New York, NY: Oxford University Press; US.
- Hines, M. (2011). Gender Development and the Human Brain. *Annual Review of Neuroscience*, *34*, 69-88. doi: 10.1146/annurev-neuro-061010-113654

- 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*(8), 1010-1026. doi: 10.1016/S0306-4530(02)00121-X
- Hoyek, N., Collet, C., Fargier, P., & Guillot, A. (2012). The Use of the Vandenberg and Kuse Mental Rotation Test in Children. *Journal of Individual Differences*, *33*(1), 62-67. doi: 10.1027/1614-0001/A000063
- Hunter, M. A., & Ames, E. W. (1988). A multifactor model of infant preferences for novel and familiar stimuli. In L. P. Lipsitt (Ed.), *Advances in child development and behavior* (Vol. 8, pp. 69-95). New York: Academic Press.
- Hunter, M. A., Ames, E. W., & Koopman, R. (1983). Effects of Stimulus Complexity and Familiarization Time on Infant Preferences for Novel and Familiar Stimuli. *Developmental Psychology*, *19*(3), 338-352. doi: 10.1037//0012-1649.19.3.338
- Imperato-McGinley, J., Peterson, R. E., Gautier, T., Cooper, G., Danner, R., Arthur, A. (1982). Hormonal Evaluation of a Large Kindred with Complete Androgen Insensitivity - Evidence for Secondary 5-Alpha-Reductase Deficiency. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *54*(5), 931-941.
- Imperato-McGinley, J., Pichardo, M., Gautier, T., Voyer, D., & Bryden, M. P. (1991). Cognitive-Abilities in Androgen-Insensitive Subjects - Comparison with Control Males and Females from the Same Kindred. *Clinical Endocrinology*, *34*(5), 341-347. doi: 10.1111/j.1365-2265.1991.tb00303.x
- Jacklin, C. N., Wilcox, K. T., & Maccoby, E. E. (1988). Neonatal Sex-Steroid Hormones and Cognitive-Abilities at 6 Years. *Developmental Psychobiology*, *21*(6), 567-574. doi: 10.1002/dev.420210607

- Janczyk, M., Pfister, R., Crognale, M. A., & Kunde, W. (2012). Effective Rotations: Action Effects Determine the Interplay of Mental and Manual Rotations. *Journal of Experimental Psychology-General*, *141*(3), 489-501. doi: 10.1037/A0026997
- Jansen-Osmann, P., Wiedenbauer, G., & Heil, M. (2008). Spatial cognition and motor development: A study of children with spina bifida. *Perceptual and Motor Skills*, *106*(2), 436-446. doi: 10.2466/Pms.106.2.436-446
- Jansen, P., & Heil, M. (2010). The Relation Between Motor Development and Mental Rotation Ability in 5-to 6-Year-old Children. *International Journal of Developmental Science*, *4*(1), 66-74. doi: 10.3233/DEV-2010-4105
- Jansen, P., Schmelter, A., Quaiser-Pohl, C., Neuburger, S., & Heil, M. (2013). Mental rotation performance in primary school age children: Are there gender differences in chronometric tests? *Cognitive Development*, *28*(1), 51-62. doi: 10.1016/j.cogdev.2012.08.005
- Jansen, P., Titze, C., & Heil, M. (2009). The influence of juggling on mental rotation performance. *International Journal of Sport Psychology*, *40*(2), 351-359.
- Johnson, E. S., & Meade, A. C. (1987). Developmental Patterns of Spatial Ability - an Early Sex Difference. *Child Development*, *58*(3), 725-740.
doi: 10.1111/j.1467-8624.1987.tb01413.x
- Karraker, K., Vogel, D., & Lake, M. (1995). Parents' gender-stereotyped perceptions of Newborns: The Eye of the Beholder revisited. *Sex Roles*, *33*(9-10), 687-701.
doi: 10.1007/BF01547725
- Knickmeyer, R., Baron-Cohen, S., Raggatt, P., & Taylor, K. (2005). Foetal testosterone, social relationships, and restricted interests in children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, *46*(2), 198-210. doi: 10.1111/j.1469-7610.2004.00349.x
- Knickmeyer, R., Baron-Cohen, S., Raggatt, P., Taylor, K., & Hackett, G. (2006). Fetal testosterone and empathy. *Hormones and Behavior*, *49*(3), 282-292.
doi: 10.1016/j.yhbeh.2005.08.010

- Knickmeyer, R., Wheelwright, S., Taylor, K., Raggatt, P., Hackett, G., & Baron-Cohen, S. (2005). Gender-typed play and amniotic testosterone. *Developmental Psychology*, *41*(3), 517-528. doi: 10.1037/0012-1649.41.3.517
- Kosslyn, S. M. (1994). *Image and Brain. The Resolution of the Imagery Debate* Cambridge: MIT Press.
- Kosslyn, S. M. (1995). *Mental Imagery* (Vol. 2). Cambridge: MIT Press.
- Kosslyn, S. M., Ganis, G., & Thompson, W. L. (2001). Neural foundations of imagery. *Nature Reviews Neuroscience*, *2*(9), 635-642. doi: 10.1038/35090055
- Kosslyn, S. M., & Thompson, W. L. (2003). When is early visual cortex activated during visual mental imagery? *Psychological Bulletin*, *129*(5), 723-746.
doi: 10.1037/0033-2909.129.5.723
- Kosslyn, S. M., Thompson, W. L., Wraga, M., & Alpert, N. M. (2001). Imagining rotation by endogenous versus exogenous forces: Distinct neural mechanisms. *Neuroreport*, *12*(11), 2519-2525. doi: 10.1097/00001756-200108080-00046
- Kozaki, T., & Yasukouchi, A. (2009). Sex Differences on Components of Mental Rotation at Different Menstrual Phases. *International Journal of Neuroscience*, *119*(1), 59-67.
doi: 10.1080/00207450802480101
- Lauer, J. E., Udelson, H. B., Jeon, S. O., & Lourenco, S. F. (2015). An early sex difference in the relation between mental rotation and object preference. *Frontiers in Psychology*, *6*, 558. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00558
- Leaper, C., Anderson, K. J., & Sanders, P. (1998). Moderators of gender effects on parents' talk to their children: A meta-analysis. *Developmental Psychology*, *34*(1), 3-27.
doi: 10.1037/0012-1649.34.1.3
- Lehmann, J., & Jansen, P. (2012). The influence of juggling on mental rotation performance in children with spina bifida. *Brain and Cognition*, *80*(2), 223-229.
doi: 10.1016/j.bandc.2012.07.004

- Liben, L. S., Susman, E. J., Finkelstein, J. W., Chinchilli, V. M., Kunselman, S., Schwab, J.,...Kulin, H. E. (2002). The effects of sex steroids on spatial performance: A review and an experimental clinical investigation. *Developmental Psychology*, 38(2), 236-253. doi: 10.1037//0012-1649.38.2.236
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and Characterization of Sex-Differences in Spatial Ability - a Meta-Analysis. *Child Development*, 56(6), 1479-1498.
doi: 10.1111/j.1467-8624.1985.tb00213.x
- Lutchmaya, S., & Baron-Cohen, S. (2002). Human sex differences in social and non-social looking preferences, at 12 months of age. *Infant Behavior & Development*, 25(3), 319-325. doi: 10.1016/S0163-6383(02)00095-4
- Lutchmaya, S., Baron-Cohen, S., & Raggatt, P. (2002a). Foetal testosterone and eye contact in 12-month-old human infants. *Infant Behavior & Development*, 25(3), 327-335.
doi: 10.1016/S0163-6383(02)00094-2
- Lutchmaya, S., Baron-Cohen, S., & Raggatt, P. (2002b). Foetal testosterone and vocabulary size in 18-and 24-month-old infants. *Infant Behavior & Development*, 24(4), 418-424.
- 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(1-2), 23-28. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2003.12.002
- Lytton, H., & Romney, D. M. (1991). Parents Differential Socialization of Boys and Girls - a Metaanalysis. *Psychological Bulletin*, 109(2), 267-296.
doi: 10.1037//0033-2909.109.2.267
- Maccoby, E. E. (2000). *Psychologie der Geschlechter. Sexuelle Identität in den verschiedenen Lebensphasen*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Maccoby, E. E., & Jacklin, C. N. (1974a). Myth, Reality and Shades of Gray - What We Know and Don't Know About Sex Differences. *Psychology Today*, 8(7), 109-112.

- Maccoby, E. E., & Jacklin, C. N. (1974b). Myth, Reality and Shades of Gray - What We Know and Don't Know About Sex Differences. *Psychology Today*, 8(7), 109-112.
- Maki, P. M., Rich, J. B., & Rosenbaum, R. S. (2002). Implicit memory varies across the menstrual cycle: estrogen effects in young women. *Neuropsychologia*, 40(5), 518-529. doi: 10.1016/S0028-3932(01)00126-9
- Malas, M. A., Dogan, S., Evcil, E. H., & Desdicioglu, K. (2006). Fetal development of the hand, digits and digit ratio (2D : 4D). *Early Human Development*, 82(7), 469-475. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2005.12.002
- 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(11), 3000-3004. doi: 10.1093/humrep/13.11.3000
- Mäntylä, T. (2013). Gender Differences in Multitasking Reflect Spatial Ability. *Psychological Science*, 24(4), 514-520. doi: 10.1177/0956797612459660
- Marmor, G. S. (1975). Development of Kinetic Images - When Does Child 1st Represent Movement in Mental Images. *Cognitive Psychology*, 7(4), 548-559. doi: 10.1016/0010-0285(75)90022-5
- Marmor, G. S. (1977). Mental Rotation and Number Conservation - Are They Related. *Developmental Psychology*, 13(4), 320-325. doi: 10.1037//0012-1649.13.4.320
- Mazard, A., Tzourio-Mazoyer, N., Crivello, F., Mazoyer, B., & Mellet, E. (2004). A PET meta-analysis of object and spatial mental imagery. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16(5), 673-695. doi: 10.1080/09541440340000484
- McCormick, C. M., & Teillon, S. M. (2001). Menstrual cycle variation in spatial ability: Relation to salivary cortisol levels. *Hormones and Behavior*, 39(1), 29-38. doi: 10.1006/hbeh.2000.1636

- Mellet, E., Petit, L., Mazoyer, B., Denis, M., & Tzourio, N. (1998). Reopening the mental imagery debate: Lessons from functional anatomy. *NeuroImage*, *8*(2), 129-139.
doi: 10.1006/nimg.1998.0355
- Möhring, W., & Frick, A. (2013). Touching Up Mental Rotation: Effects of Manual Experience on 6-Month-Old Infants' Mental Object Rotation. *Child Development*, *84*(5), 1554-1565. doi: 10.1111/cdev.12065
- Moore, D. S., & Johnson, S. P. (2008). Mental Rotation in Human Infants: A Sex Difference. *Psychological Science*, *19*(11), 1063-1066. doi: 10.1111/j.1467-9280.2008.02200.x
- Moore, D. S., & Johnson, S. P. (2011). Mental Rotation of Dynamic, Three-Dimensional Stimuli by 3-Month-Old Infants. *Infancy*, *16*(4), 435-445.
doi: 10.1111/j.1532-7078.2010.00058.x
- Murphy, D. G. M., Allen, G., Haxby, J. V., Largay, K. A., Daly, E., White, B. J.,...Schapiro, M. B. (1994). The Effects of Sex Steroids, and the X-Chromosome, on Female Brain-Function - a Study of the Neuropsychology of Adult Turner Syndrome. *Neuropsychologia*, *32*(11), 1309-1323. doi: 10.1016/0028-3932(94)00065-4
- Neuburger, S., Jansen, P., Heil, M., & Quaiser-Pohl, C. (2011). Gender differences in pre-adolescents' mental-rotation performance: Do they depend on grade and stimulus type? *Personality and Individual Differences*, *50*(8), 1238-1242.
doi: 10.1016/j.paid.2011.02.017
- Nicolaides, K. H., Syngelaki, A., Gil, M., Antanasova, V., & Markova, D. (2013). Validation of targeted sequencing of single-nucleotide polymorphisms for non-invasive prenatal detection of aneuploidy of chromosomes 13, 18, 21, X, and Y. *Prenatal Diagnosis*, *33*(6), 575-579. doi: 10.1002/pd.4103
- O'Connor, D. B., Archer, J., Hair, W. M., & Wu, F. C. W. (2001). Activational effects of testosterone on cognitive function in men. *Neuropsychologia*, *39*(13), 1385-1394.
doi: 10.1016/S0028-3932(01)00067-7

- Oerter, R. (1998). Kindheit. In R. Oerter & L. Montada (Eds.), *Entwicklungspsychologie* (Vol. 4). Weinheim: Beltz.
- Örnkloo, H., & von Hofsten, C. (2007). Fitting objects into holes: On the development of spatial cognition skills. *Developmental Psychology, 43*(2), 404-416.
doi: 10.1037/0012-1649.43.2.404
- Pedain, C. (2012). Sexualentwicklung und Reproduktionsphysiologie. In J. C. Behrends, J. Bischofberger, R. Deutzmann, H. Ehmke, S. Frings, S. Grissmer, M. Hoth, A. Kurtz, J. Leipziger, F. Müller, C. Pedain, J. Rettig, C. Wagner, & E. Wischmeyer (Eds.), *Duale Reihe Physiologie* (Vol. 2.). Stuttgart: Thieme.
- Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R., & Richardson, C. (1995). A Redrawn Vandenberg and Kuse Mental Rotations Test - Different Versions and Factors That Affect Performance. *Brain and Cognition, 28*(1), 39-58.
doi: 10.1006/brcg.1995.1032
- Phillips, K., & Silverman, I. (1997). Differences in the Relationship of Menstrual Cycle Phase to Spatial Performance on Two- and Three-Dimensional Tasks. *Hormones and Behavior, 32*(3), 167-175. doi: 10.1006/hbeh.1997.1418
- Pietsch, S., & Jansen, P. (2012). Different mental rotation performance in students of music, sport and education. *Learning and Individual Differences, 22*(1), 159-163.
doi: 10.1016/j.lindif.2011.11.012
- Pomerleau, A., Bolduc, D., Malcuit, G., & Cossette, L. (1990). Pink or Blue - Environmental gender stereotypes in the 1st 2 years of life *Sex Roles, 22*(5-6), 359-367.
doi: 10.1007/bf00288339
- Puts, D. A., Gaulin, S. J. C., & Breedlove, S. M. (2007). Sex differences in Spatial Ability: Evolution, Hormones, and the Brain. In M. Platek, J. P. Keenan, & T. K. Shackelford (Eds.), *Evolutionary Cognitive Neuroscience* (pp. 329-379). Cambridge, Massachusetts: the MIT Press.

- 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*(1), 100-111.
doi: 10.1007/s10508-007-9271-3
- Quaiser-Pohl, C., Neuburger, S., Heil, M., Jansen, P., & Schmelter, A. (2014). Is the Male Advantage in Mental-Rotation Performance Task Independent? On the Usability of Chronometric Tests and Paper-and-Pencil Tests in Children. *International Journal of Testing, 14*(2), 122-142. doi: 10.1080/15305058.2013.860148
- Quaiser-Pohl, C., Rohe, A. M., & Amberger, T. (2010). The Solution Strategy as an Indicator of the Developmental Stage of Preschool Children's Mental-Rotation Ability. *Journal of Individual Differences, 31*(2), 95-100. doi: 10.1027/1614-0001/A000017
- Quinn, P. C., & Liben, L. S. (2008). A Sex Difference in Mental Rotation in Young Infants. *Psychological Science, 19*(11), 1067-1070. doi: 10.1111/j.1467-9280.2008.02201.x
- Quinn, P. C., & Liben, L. S. (2013). A Sex Difference in Mental Rotation in Infants: Convergent Evidence. *Infancy*(1), 103-116. doi: 10.1111/inf.12033
- Reid, G. M. (1994). Maternal Sex-Stereotyping of Newborns. *Psychological Reports, 75*(3), 1443-1450. doi: 10.2466/pr0.1994.75.3f.1443
- Resnick, S. M., Gottesman, I. I., Berenbaum, S. A., & Bouchard, T. J. (1986). Early Hormonal Influences on Cognitive-Functioning in Congenital Adrenal-Hyperplasia. *Developmental Psychology, 22*(2), 191-198. doi: 10.1037//0012-1649.22.2.191
- Rochat, P., & Hespos, S. J. (1996). Tracking and anticipation of invisible spatial transformations by 4- to 8-month-old infants. *Cognitive Development, 11*(1), 3-17. doi: 10.1016/S0885-2014(96)90025-8
- 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*(3), 175-181. doi: 10.1002/pd.1970050303

- Roder, B. J., Bushneil, E. W., & Sasseville, A. M. (2000). Infants' Preferences for Familiarity and Novelty During the Course of Visual Processing. *Infancy, 1*(4), 491-507.
doi: 10.1207/s15327078in0104_9
- Rosenthal, R. (1979). The File Drawer Problem and Tolerance for Null Results. *Psychological Bulletin, 86*(3), 638-641. doi: 10.1037//0033-2909.86.3.638
- Ross, J. L., Roeltgen, D., Stefanatos, G. A., Feuillan, P., Kushner, H., Bondy, C.,...Cutter, C. B. (2003). Androgen-responsive aspects of cognition in girls with Turner syndrome. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 88*(1), 292-296.
doi: 10.1210/jc.2002-021000
- Rovet, J., & Netley, C. (1980). The Mental Rotation Task-Performance of Turner Syndrome Subjects. *Behavior Genetics, 10*(5), 437-443. doi: 10.1007/Bf01073648
- Rubin, J. Z., Provenza, F. J., & Luria, Z. (1974). Eye of Beholder - Parents Views on Sex of Newborns. *American Journal of Orthopsychiatry, 44*(4), 512-519.
doi: 10.1111/j.1939-0025.1974.tb00905.x
- Schwarzer, G., Freitag, C., Buckel, R., & Lofruthe, A. (2012). Crawling is Associated with Mental Rotation Ability by 9-Month-Old Infants. *Infancy, 18*(3), 432-441.
doi: 10.1111/j.1532-7078.2012.00132.x
- Schwarzer, G., Freitag, C., & Schum, N. (2013). How Crawling and Manual Object Exploration are Related to the Mental Rotation Abilities of 9-Month-Old Infants. *Frontiers in Psychology, 4*, 1-8. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00097
- Shepard, R. N., & Judd, S. A. (1976). Perceptual Illusion of Rotation of 3-Dimensional Objects. *Science, 191*(4230), 952-954. doi: 10.1126/science.1251207
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental Rotation of 3-Dimensional Objects. *Science, 171*(3972), 701-703. doi: 10.1126/science.171.3972.701

- Silverman, I., Kastuk, D., Choi, J., & Phillips, K. (1999). Testosterone levels and spatial ability in men. *Psychoneuroendocrinology*, *24*(8), 813-822.
doi: 10.1016/S0306-4530(99)00031-1
- Silverman, I., & Phillips, K. (1993). Effects of estrogen changes during the menstrual cycle on spatial performance. *Ethology and Sociobiology*, *14*(4), 257-269.
doi: 10.1016/0162-3095(93)90021-9
- Simic, N., & Santini, M. (2012). Verbal and Spatial Functions during Different Phases of the Menstrual Cycle. *Psychiatria Danubina*, *24*(1), 73-79.
- Simic, N., Tokic, A., & Pericic, M. (2010). Performance of Fine Motor and Spatial Tasks during the Menstrual Cycle. *Arh Hig Rada Toksikol*, *61*(4), 407-414.
doi: 10.2478/10004-1254-61-2010-2055
- Smail, P. J., Reyes, F. I., Winter, J. S. D., & Faiman, C. (1981). The fetal hormonal environment and its effect on the morphogenesis of the genital system. In S. J. Kogan & E. S. E. Hafez (Eds.), *Pediatric andrology* (pp. 9-19). The Hague: Martinus Nijhoff Publishers bv.
- Tegethoff, M., Raul, J.-S., Jamey, C., Khelil, M. B., Ludes, B., & Meinschmidt, G. (2011). Dehydroepiandrosterone in nails of infants: A potential biomarker of intrauterine responses to maternal stress. *Biological Psychology*, *87*(3), 414-420.
doi: 10.1016/j.biopsycho.2011.05.007
- Titze, C., Jansen, P., & Heil, M. (2010). Mental rotation performance and the effect of gender in fourth graders and adults. *European Journal of Developmental Psychology*, *7*(4), 432-444. doi: 10.1080/17405620802548214
- Valla, J. M., & Ceci, S. J. (2011). Can Sex Differences in Science Be Tied to the Long Reach of Prenatal Hormones? Brain Organization Theory, Digit Ratio (2D/4D), and Sex Differences in Preferences and Cognition. *Perspectives on Psychological Science*, *6*(2), 134-146. doi: 10.1177/1745691611400236

- Van de Beek, C., van Goozen, S. H. M., 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*(1), 6-15.
doi: 10.1007/s10508-007-9291-z
- Van Goozen, S. H. M., Cohen-Kettenis, P. T., Gooren, L. J. G., Frijda, N. H., & Vandepoll, N. E. (1994). Activating Effects of Androgens on Cognitive Performance - Causal Evidence in a Group of Female-to-Male Transsexuals. *Neuropsychologia*, *32*(10), 1153-1157. doi: 10.1016/0028-3932(94)90099-X
- Van Goozen, S. H. M., Cohen-Kettenis, P. T., Gooren, L. J. G., Frijda, N. H., & Vandepoll, N. E. (1995). Gender Differences in Behavior - Activating Effects of Cross-Sex Hormones. *Psychoneuroendocrinology*, *20*(4), 343-363.
doi: 10.1016/0306-4530(94)00076-X
- Van Goozen, S. H. M., Slabbekoorn, D., Gooren, L. J. G., Sanders, G., & Cohen-Kettenis, P. (2002). Organizing and activating effects of sex hormones in homosexual transsexuals. *Behavioral Neuroscience*, *116*(6), 982-988. doi: 10.1037//0735-7044.116.6.982
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental Rotation, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, *47*(2), 599-604.
doi: 10.2466/pms.1978.47.2.599
- 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*(2), 107-112. doi: 10.1016/j.earlhumdev.2012.08.009
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of Sex-Differences in Spatial Abilities - a Metaanalysis and Consideration of Critical Variables. *Psychological Bulletin*, *117*(2), 250-270. doi: 10.1037/0033-2909.117.2.250

- Vuoksima, E., Kaprio, J., Kremen, W. S., Hokkanen, L., Viken, R. J., Tuulio-Henriksson, A.,...Rose, R. J. (2010). Having a Male Co-Twin Masculinizes Mental Rotation Performance in Females. *Psychological Science, 21*(8), 1069-1071.
doi: 10.1177/0956797610376075
- Wexler, M., Kosslyn, S. M., & Berthoz, A. (1998). Motor processes in mental rotation. *Cognition, 68*(1), 77-94. doi: 10.1016/S0010-0277(98)00032-8
- Wharton, W., Hirshman, E., Merritt, P., Doyle, L., Paris, S., & Gleason, C. (2008). Oral contraceptives and androgenicity: Influences on visuospatial task performance in younger individuals. *Experimental and Clinical Psychopharmacology, 16*(2), 156-164.
doi: 10.1037/1064-1297.16.2.156
- Wiedenbauer, G., & Jansen-Osmann, P. (2008). Manual training of mental rotation in children. *Learning and Instruction, 18*(1), 30-41. doi: 10.1016/j.learninstruc.2006.09.009
- Wilson, D. B. Practical Meta-Analysis Effect Size Calculator. from
http://www.campbellcollaboration.org/resources/effect_size_input.php
- Wohlschläger, A. (2001). Mental object rotation and the planning of hand movements. *Perception & Psychophysics, 63*(4), 709-718. doi: 10.3758/Bf03194431
- Wohlschläger, A., & Wohlschläger, A. (1998). Mental and manual rotation. *Journal of Experimental Psychology-Human Perception and Performance, 24*(2), 397-412.
doi: 10.1037//0096-1523.24.2.397
- Wolf, O. T., Heinrich, A. B., Hanstein, B., & Kirschbaum, C. (2005). Estradiol or estradiol/progesterone treatment in older women: no strong effects on cognition. *Neurobiology of Aging, 26*(7), 1029-1033. doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2004.09.012

- Wolf, O. T., Kudielka, B. M., Hellhammer, D. H., Torber, S., McEwen, B. S., & Kirschbaum, C. (1999). Two weeks of transdermal estradiol treatment in postmenopausal elderly women and its effect on memory and mood: verbal memory changes are associated with the treatment induced estradiol levels. *Psychoneuroendocrinology*, *24*(7), 727-741. doi: 10.1016/S0306-4530(99)00025-6
- Wolff, F. (2004). Geburtshilfe. In J. Baltzer, K. Friese, M. Graf, & F. Wolff (Eds.), *Praxis der Gynäkologie und Geburtshilfe: Das komplette Praxiswissen in einem Band*. (1 ed., pp. 165-337). Stuttgart: Thieme.
- Zacks, J. M. (2008). Neuroimaging studies of mental rotation: A meta-analysis and review. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *20*(1), 1-19.

Anhang

Anhang 1: Informationsblatt und Einverständniserklärung Praenatal



Praenatal-Medizin und Genetik

Ärztl. PartnerschaftsG PD Dr. med. P. Kozlowski
Graf-Adolf-Str. 35 · 40210 Düsseldorf
Telefon: +49-211-38457-0 · Fax: +49-211-38457-33
E-Mail: institut@praenatal.de

Institut für Experimentelle Psychologie Der Geschäftsführende Direktor

Prof. Dr. Martin Heil
Heinrich-Heine-Universität · 40225 Düsseldorf
Telefon: +49-211-811-2142 · Fax: +49-211-811-3490
E-Mail: martin.heil@uni-duesseldorf.de

Sehr geehrte Damen,

Herzlichen Glückwunsch zu Ihrer Schwangerschaft.

Sie planen, eine Fruchtwasserpunktion durchführen zu lassen und werden dann hoffentlich die Nachricht bekommen, dass der Befund unauffällig ist und Ihr Kind sich normal entwickelt.

Auch nach der Geburt Ihres Kindes werden Sie sich sicher noch viele Gedanken über die Entwicklung ihres Kindes machen. Vielleicht stellen Sie sich auch die Frage, wie viel Einfluss Ihre Erziehung auf die Vorlieben und Fähigkeiten ihres Kindes haben wird?

Diese Frage wird auch im Hinblick auf Unterschiede zwischen Männern und Frauen intensiv diskutiert. Es gibt einige Hinweise darauf, dass sich Geschlechterunterschiede nicht nur durch Umwelt und Erziehung erklären lassen, sondern dass auch hormonelle und strukturelle Unterschiede des Gehirns eine Rolle spielen. So zeigen aktuelle Studien beispielsweise, dass sich die räumlichen Fähigkeiten zwischen Mädchen und Jungen bereits im Kindergarten- und sogar im Säuglingsalter unterscheiden. Ein wichtiger Faktor beim Zustandekommen dieser frühen Unterschiede könnte der pränatale Hormonspiegel sein, dem eine strukturierende Wirkung bei der Entwicklung des Gehirns zugeschrieben wird.

Wir führen in Kooperation mit *Praenatal* eine Studie durch, deren Ziel es ist herauszufinden, welchen Anteil der pränatale Sexualhormonspiegel am Zustandekommen von geschlechtsspezifischen Leistungsunterschieden hat. Dabei soll auch geklärt werden, inwieweit der pränatale Sexualhormonspiegel, der sehr präzise über die Analyse des Fruchtwassers bestimmt wird, die große Vielfalt innerhalb der Geschlechter aufklären kann.

Im Rahmen dieser Studie würden wir Sie und Ihr Kind gerne bis zum Grundschulalter begleiten. Wir würden Sie und Ihr Kind gerne viermal zu uns einladen, und zwar wenn Ihr Kind 6 Monate, 9 Monate, 2,5 Jahre und 5 Jahre alt ist. Sie verpflichten sich in keinsten Weise, an allen Terminen teilzunehmen, sondern entscheiden dies unabhängig und individuell. An diesen Terminen haben Sie die Möglichkeit, an Untersuchungen teilzunehmen, die dazu dienen sollen, den Entwicklungsstand ihres Kindes bezüglich bestimmter Fähigkeiten, wie beispielsweise dem räumlichen Denken, zu erfassen. Somit könnten dann zukünftig auch Entwicklungsverzögerungen in diesen Bereichen eventuell früher erkannt werden, auch wenn eine solche Einschätzung bei Ihrem Kind in der laufenden Untersuchung nicht möglich sein wird. Bei den von uns durchgeführten Untersuchungen handelt es sich lediglich um Verhaltensbeobachtungen, es finden keinerlei medizinische Eingriffe statt. Die Untersuchungen geschehen zusätzlich und unabhängig von den durch den Kinderarzt durchgeführten Kindervorsorgeuntersuchungen, deren Schwerpunkt in der Untersuchung der körperlichen Gesundheit liegt.

Wir freuen uns, wenn Sie Interesse an unserer Studie haben. Für eine Teilnahme benötigen wir zunächst lediglich Ihr Einverständnis, dass Ihre Fruchtwasserprobe, die normalerweise nach erfolgreicher Diagnostik entsorgt wird, vorläufig gelagert werden darf. Wir werden Sie dann nach der Geburt Ihres Kindes kontaktieren, und Sie ausführlich über die geplanten Untersuchungen informieren. Sie können dann in aller Ruhe entscheiden, ob Sie einer Analyse des Sexualhormonspiegels der Fruchtwasserprobe zustimmen oder nicht, und an welchen Untersuchungen Sie gerne teilnehmen möchten.

Durch Ihre Liebe zu Ihrem Kind schaffen Sie die wesentliche Voraussetzung für eine glückliche Entwicklung. Unsere Forschung möchte gerne einen kleinen Beitrag dazu leisten.

Bis dahin wünsche ich Ihnen alles Gute für den weiteren Verlauf der Schwangerschaft und die Geburt Ihres Kindes.

Prof. Dr. Martin Heil

Ich gebe hiermit mein Einverständnis zur Lagerung der bei mir entnommenen Fruchtwasserprobe. Ich bin damit einverstanden, dass mir zu einem späteren Zeitpunkt Informationen zu oben genannten Studien zugesandt werden, die an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf durchgeführt werden.

Ich kann dann entscheiden, ob ich einer Analyse des Sexualhormonspiegels der Fruchtwasserprobe zustimme und an welchen der angebotenen Untersuchungen ich mit meinem Kind teilnehmen möchte.

Sollte ich der weiteren Analyse der Fruchtwasserprobe später nicht ausdrücklich zustimmen, wird diese sowie sämtliche dazugehörige Daten umgehend vernichtet. Durch die Zustimmung zur Lagerung der Fruchtwasserprobe gehe ich keinerlei Verpflichtungen ein und es entstehen für mich natürlich keine Kosten.

Datum

Name der Patientin

Unterschrift der Patientin

Weiterhin entbinde ich die behandelnden Ärztinnen und Ärzte von *Praenatal* in Bezug auf die Weitergabe relevanter Informationen von der Schweigepflicht. Mir wird eine uneingeschränkte Sicherheit bzgl. des Datenschutzes garantiert. Ich kann jederzeit formlos die sofortige Löschung sämtlicher Daten ohne Begründung erwirken.

Datum

Name der Patientin

Unterschrift der Patientin

Anhang 2: Anschreiben für interessierte Eltern und Antwortbogen

Prof. Dr. Martin Heil Institut für Experimentelle Psychologie
Universitätsstr. 1 · Heinrich-Heine-Universität · D-40225 Düsseldorf

Telefon: +49 - 211 - 811 - 2134 · Fax: +49 - 211 - 811 - 3490
E-Mail: babystudie@uni-duesseldorf.de

An
Familie Mustermann

18.03.2013

Sehr geehrte Familie Mustermann,

wir möchten Ihnen recht herzlich zur Geburt Ihres Kindes gratulieren!

Während Ihrer Schwangerschaft haben Sie eine Fruchtwasseruntersuchung am Institut von Praenatal durchführen lassen. Sie hatten damals zugestimmt, dass Ihre Fruchtwasserprobe vorläufig gelagert werden darf.

Wir sind eine Arbeitsgruppe, die sich mit geschlechtsspezifischen Leistungsunterschieden in der räumlichen Wahrnehmung beschäftigt. Uns interessiert, inwiefern diese Geschlechterunterschiede nicht nur durch Umwelt und Erziehung erklärt werden können, sondern auch durch biologische Faktoren. Ein wichtiger Einflussfaktor könnte der pränatale Sexualhormonspiegel sein, dem eine strukturierende Wirkung bei der Entwicklung des Gehirns zugeschrieben wird.

Hierfür untersuchen wir Kinder von ihrem 5. Lebensmonat an. Während der Untersuchung, die am Institut für Experimentelle Psychologie der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf durchgeführt wird, sitzen die Kinder auf dem Schoß der Mutter bzw. des Vaters. Den Kindern werden einfache Figuren auf einem Bildschirm gezeigt und sie werden dabei in ihrem Verhalten beobachtet. Die Untersuchung ist also völlig harmlos und dauert nur wenige Minuten. Die dabei für Sie anfallenden Anfahrtskosten werden selbstverständlich in jedem Fall erstattet. Zudem erhalten Sie und ihr Kind eine kleine Überraschung.

Die in dieser Verhaltensbeobachtung gewonnenen Ergebnisse setzen wir dann in Zusammenhang mit den Sexualhormonen aus dem Fruchtwasser. Ihre personenbezogenen Daten und die Testdaten werden dabei anonymisiert (das heißt ohne Namensnennung) aufgezeichnet und nur für wissenschaftliche Auswertungen verwendet. Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, die Löschung aller personenbezogenen Daten zu Ihrem Kind verlangen.

Wir würden Sie und Ihr Kind gerne zu uns einladen. Wenn Sie Interesse und Lust haben, an unseren Untersuchungen teilzunehmen, senden Sie uns bitte das beiliegende Antwortschreiben zu, rufen uns an oder schicken uns eine Email. Wir stehen Ihnen für weitere Informationen gerne zur Verfügung. Wir erlauben uns, Sie in der nächsten Zeit anzurufen.

Über Ihre Teilnahme würden wir uns sehr freuen!

Mit freundlichen Grüßen,

Prof. Dr. Martin Heil

An die
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Institut für Experimentelle Psychologie
Prof. Martin Heil
Universitätsstr. 1

40225 Düsseldorf

Antwort

- Ich würde gerne mit meinem Kind an der Untersuchung zur räumlichen Wahrnehmung im Säuglingsalter teilnehmen. Bitte kontaktieren Sie mich, um einen Termin abzusprechen.
- Ich möchte nicht weiter kontaktiert werden. Mein Fruchtwasser soll bitte entsorgt werden.

Name: _____

Anschrift: _____

Telefon: _____

Email: _____

Datum

Unterschrift

Bei Interesse an unserer Studie, würden wir uns freuen, wenn Sie uns bereits folgende Fragen beantworten würden.

Vielen Dank!

Name der Eltern (Vor- und Nachname): _____

Adresse: _____

Telefonnummer: _____ erreichbar wann: _____

Sprachen, die zu Hause gesprochen werden: _____

Name des Kindes: _____ Geschlecht: _____

Geburtsdatum Kind: ____/____/____ Geburtsgewicht: _____ g Schwangerschaftsdauer: _____

Schwierigkeiten während der Schwangerschaft? _____

gesundheitliche Probleme des Kindes seit der Geburt? _____

Name und Alter möglicher anderer Kinder: _____

Anhang 3: Fragebögen

Zu beiden Messzeitpunkten wurde den Erziehungsberechtigten ein Fragebogen vorgelegt.

Fragebogen zur Erhebung mit 5 Monaten.

Chiffre des Probanden: _____		
Datum: _____	Versuchsleiter: _____	
Geschlecht: _____	Alter in Wochen: _____	
Bedingung MR: _____	Bedingung Face: _____	
Scan: ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/>	Testosteron: ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/>	Zwilling: ja <input type="radio"/> nein <input type="radio"/>
Geburtstag der Mutter: _____		
Besonderheiten: _____		

Fragebogen

1. Kann Ihr Kind aus der Bauchlage den Kopf aus dem Unterarmstütz anheben und seitlich drehen?
 - Ja Seit wann _____
 - Nein
2. Kann Ihr Baby seinen Kopf kontrollieren (den Kopf gegen die Schwerkraft stabilisieren)? (z.B. kann das Baby seinen Kopf beim Hochziehen halten, so dass der Kopf nicht nach hinten kippt)
 - Ja Seit wann _____
 - Nein
3. Kann Ihr Kind die Hände zur Körpermitte zusammenführen?
 - Ja Seit wann _____
 - Nein
4. Spielt Ihr Baby mit seinen Händen vor dem Gesicht?
 - Ja Seit wann _____
 - Nein
5. Kann Ihr Baby gezielt nach einem Objekt greifen?

- Ja Seit wann? _____
- Nein
6. Kann Ihr Baby in der Bauchlage einen Arm anheben und sich mit dem anderen abstützen?
- Ja Seit wann? _____
- Nein
7. Wenn ja, kann Ihr Baby dabei sein Gleichgewicht zur Seite verlagern?
- Ja Seit wann? _____
- Nein
8. Krabbelt Ihr Baby?
- Ja Seit wann? _____
- Nein
9. Hat Ihr Baby bereits Erfahrungen mit einem Bildschirm (z.B. mit dem Monitor eines Computers oder Fernseher)?
- Ja wie oft? _____
- Nein
10. Gibt es in Ihrer Familie Augenkrankheiten bzw. Wahrnehmungsstörungen? (z. B. Nystagmus, Strabismus)
- Ja Welche ? _____ Bei wem? _____
- Nein
- Weiß nicht
-

Art der Geburt: spontane Geburt prim. Sektio sek. Sektio?

Wie lange dauerten die Wehen bis zur Geburt/Kaiserschnitt an? _____

Geburtsgewicht (sofern noch nicht angegeben): _____ Größe: _____

Kopfumfang: _____ APGAR1: _____ APGAR2: _____ APGAR3: _____

Größe am Tag der Erhebung: _____ Gewicht am Tag der Erhebung: _____

Etwaige Auffälligkeiten bei den U-Untersuchungen:

U1: _____

U2: _____

U3: _____

U4: _____

Fragebogen zur Erhebung mit 9 Monaten.

Chiffre des Probanden: _____	
Datum: _____	Versuchsleiter: _____
Alter in Wochen: _____	Nageldose erhalten? <input type="radio"/> ja <input type="radio"/> nein
Bedingung MR: _____	Bedingung Group: _____
Bedingung Spielzeug: _____	Bedingung Propulsive: _____
Besonderheiten: _____	
Adressänderungen? _____	

Fragebogen

Die Entwicklung eines Kindes ist individuell. Jedes Kind hat sein eigens Entwicklungstempo. Sollte Ihr Kind manche der unten beschriebenen Fähigkeiten noch nicht beherrschen, so ist das ganz normal und weist auf keinerlei Verzögerungen hin. Bitte beantworten Sie den Fragebogen so genau wie möglich. Vielen Dank!

11. Kann ihr Kind frei sitzen?

- a. Ja, Alter des Kindes bei Beginn: _____
- b. Nein

12. Kann Ihr Kind sich selber in die sitzende Position bringen?

- a. Ja, Beginn: _____
- b. Nein

13. Kann sich Ihr Kind an Gegenständen hochziehen?

- a. Ja, Beginn: _____
- b. Nein

14. Kann Ihr Kind stehen: (Mehrfachnennung möglich)

- a. wenn man es festhält, Beginn: _____
- b. wenn es sich selber festhält, Beginn: _____
- c. frei ohne Festhalten, Beginn: _____
- d. Nein

15. Bewegt sich ihr Kind fort durch: (Mehrfachnennung möglich)

- a. Rutschen auf dem Po, Beginn: _____
- b. Robben mit Hilfe der Arme, Beginn: _____
- c. Robben mit Hilfe der Arme und Beine, Beginn: _____
- d. Krabbeln, Beginn: _____
- e. Laufen mit Hilfe, Anzahl der Schritte: _____, Beginn: _____
- f. Laufen ohne Hilfe, Anzahl der Schritte: _____, Beginn: _____
- g. Sonstiges _____, Beginn: _____
- h. Nein

16. Wie spricht Ihr Kind? (Mehrfachnennung möglich, Beispiele bitte nennen)

- Lallen, Gurren, Schreien
- Silbenverdopplungen wie lalala, bububu
- Nachahmen von Lauten
- Lallmonologe
- Sprachverständnis wie ja, nein; Name etc.

- Erste Wörter wie Mama, Papa, Wauwau

- Wortschöpfungen

- Einwortsätze

17. Wie ist die Händigkeit Ihres Kindes?

- | | | |
|------------|------------------------------|-----------------------------|
| der Mutter | <input type="radio"/> rechts | <input type="radio"/> links |
| des Kindes | <input type="radio"/> rechts | <input type="radio"/> links |

18. Womit spielt Ihr Kind am liebsten?

19. Spielt Ihr Kind mit anderen Kindern?

- a. Ja,
 - mit einem anderen Kind, _____ wie oft in der Woche: _____
 - mit mehreren anderen Kindern, Anzahl: ____, wie oft in der Woche: _____
- Nein

20. Besucht Ihr Kind eine Spielgruppe (Krabbelgruppe, PEKiP, etc.)?

- a. Ja, welche: _____
- b. Nein

21. Wer ist die primäre Bezugsperson? (Veränderung seit erstem Termin?)

22. Wie wird Ihr Kind betreut? (Mehrfachnennung möglich; Person bitte benennen)

- a. Zuhause von einem Elternteil, _____; Tage in der Woche: _____
- b. Zuhause von einem Großelternanteil; _____; Tage in der Woche: _____
- c. Zuhause von einer Kinderfrau; Tage in der Woche: _____
- d. Bei einer Tagesmutter/-vater, Tage in der Woche: _____, Stunden: _____
- e. In einer Kindertagesstätte, Tage in der Woche: _____, Stunden: _____
- f. Sonstiges: _____, Tage in der Woche: _____, Stunden: _____

23. Kuscht Ihr Kind gerne?

- a. Ja, mit: _____
- b. Nein

Auffälligkeiten bei der U5-Untersuchung oder andere Auffälligkeiten in der Entwicklung des Kindes:

Anhang 4: Einverständniserklärung**INSTITUT FÜR EXPERIMENTELLE PSYCHOLOGIE**

Allgemeine Psychologie

Professor Dr. Martin Heil

Universitätstr. 1
D-40225 DüsseldorfTelefon: (+49)-211-811-2142
Telefax: (+49)-211-811-3490

email: Martin.Heil@uni-duesseldorf.de

Forschungsvorhaben: Mentale Rotation und Sexualhormone im Säuglingsalter**Einverständniserklärung**

Name des Kindes: _____

Geburtstag des Kindes: _____

Name der Eltern: _____

Hiermit erkläre/n ich/wir mich/uns einverstanden, dass meine/unsere Tochter / mein/ unser Sohn an der oben genannten Studie zum Zusammenhang von Mentaler Rotation und Sexualhormone teilnimmt und dass die während der Untersuchung erhobenen Daten für diese Studie genutzt werden können. Gleichzeitig stimme ich einer Analyse des Sexualhormonspiegels der Fruchtwasserprobe zu.

Ich/wir wurde/n für mich/uns ausreichend mündlich und schriftlich über die wissenschaftliche Untersuchung informiert.

Ich/wir weiß/wissen, dass ich/wir jederzeit meine/unsere Einwilligung, auch ohne die Angabe von Gründen, widerrufen kann/können. Sämtliche Daten werden unter Berücksichtigung datenschutzrechtlicher Bestimmungen mittels 256-Bit AES-Verschlüsselung geschützt. Die Daten sind nur den Mitarbeitern der Abteilung Allgemeine Psychologie zugänglich.

Ich/wir bin/sind damit einverstanden, dass die im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchung über mein/unser Kind erhobenen Daten sowie die sonstigen mit dieser Untersuchung zusammenhängenden personenbezogenen Daten aufgezeichnet werden. Es wird gewährleistet, dass diese personenbezogenen Daten nicht an Dritte weitergegeben werden. Bei der Veröffentlichung in einer wissenschaftlichen Zeitung wird aus den Daten nicht hervorgehen, wer an dieser Untersuchung teilgenommen hat. Die persönlichen Daten meines/unsere Kindes unterliegen dem Datenschutzgesetz. Ich kann/ wir können jederzeit, auch ohne die Angabe von Gründen, die Löschung aller personenbezogenen Daten zu unserem Kind verlangen.

Mit der vorstehend geschilderten Vorgehensweise bin ich/sind wir einverstanden und bestätige/n dies mit meiner/unsere Unterschrift.

Falls nur ein Elternteil an dem Untersuchungstermin teilnimmt: Ich bestätige mit meiner Unterschrift zugleich, dass auch der andere Elternteil mit der Untersuchung einverstanden ist bzw. dass ich das alleinige Sorgerecht habe.

Ort, Datum: _____ Unterschrift:

Ort, Datum: _____ Unterschrift

Untersuchungsleiter:

Anhang 5: Ergänzung zu den Ergebnissen 5 Monate – Gesamtstichprobe

Tabelle A1

Dauer der Habituations- und Testtrials über alle Säuglinge

Trial	Anzahl der Säuglinge	Dauer in s	
		<i>M</i>	<i>SD</i>
Habituation 1	208	19.27	14.10
Habituation 2	208	15.00	13.42
Habituation 3	208	13.78	12.86
Habituation 4	208	13.73	13.04
Habituation 5	208	12.05	11.70
Habituation 6	199	10.70	10.83
Habituation 7	176	11.29	10.88
Habituation 8	159	11.41	10.32
Habituation 9	132	8.79	8.48
Habituation 10	114	9.18	8.21
Habituation 11	103	7.57	5.89
Habituation 12	90	7.25	6.59
Test 1	208	5.35	4.18
Test 2	208	5.14	5.17
Test 3	208	4.38	5.44
Test 4	208	3.91	3.50
Test 5	208	3.49	2.85
Test 6	208	3.64	4.06

Anhang 6: Ergänzung zu den Ergebnissen 5 Monate – tatsächlich habituierte Kinder

Tabelle A2

Ergebnisse der ANOVA mit der Kovariate aufsummierte Habituationszeit

<i>Effekte</i>	<i>F(1,133)</i>	<i>p</i>
<i>Haupteffekte</i>		
Stimulusart:	0.89	.35
Geschlecht:	0.68	.41
Habituationssumme:	0.68	.00
<i>Interaktionen</i>		
Stimulusart x Geschlecht:	0.13	.72
Stimulusart x Habituationssumme:	0.00	.95

Anhang 7: Ergänzungen zu den Ergebnissen 9 Monate – Gesamtstichprobe

Tabelle A3

Dauer der Habituations- und Testtrials über alle Säuglinge

Trial	Anzahl der Säuglinge	Dauer in s	
		<i>M</i>	<i>SD</i>
Habituation 1	168	22.00	12.10
Habituation 2	168	17.16	12.16
Habituation 3	168	15.50	12.11
Habituation 4	168	14.44	11.97
Habituation 5	168	12.14	9.81
Habituation 6	166	12.05	9.57
Habituation 7	153	11.33	9.10
Habituation 8	130	9.35	7.34
Habituation 9	112	8.44	7.57
Habituation 10	90	8.39	8.09
Habituation 11	77	8.98	7.
Habituation 12	54	7.64	5.29
Test 1	168	5.84	4.80
Test 2	168	5.05	4.31
Test 3	168	4.00	3.17
Test 4	168	4.05	4.00
Test 5	168	3.93	4.19
Test 6	168	3.53	3.98

Tabelle A4

Ergebnisse der ANOVA mit der Kovariate aufsummierte Habituationszeit und Anzahl Habituationstrials

<i>Effekte</i>	<i>F(1,162)</i>	<i>p</i>
<i>Haupteffekte</i>		
Stimulusart:	0.83	.36
Geschlecht:	.12	.73
Krabbeln:	2.67	.10
Habituationssumme:	28.53	.00
Anzahl Habitationsdurchgänge:	5.50	.02
<i>Interaktionen</i>		
Stimulusart x Geschlecht:	0.06	.81
Stimulusart x Krabbeln:	0.00	.97
Geschlecht x Krabbeln:	0.01	.95
Stimulusart x Geschlecht x Krabbeln:	0.07	.80
Stimulusart x Habituationssumme:	0.00	.97
Stimulusart x Anzahl Habitationsdurchgänge	0.73	.39

Anhang 8: Ergänzungen zu den Ergebnissen 9 Monate – habituierte Kinder

Tabelle A5

Habituationszeiten und -durchgänge

	Gruppierungs- variable	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t</i> (122)	<i>p</i>
Habituationsdurchgänge	männlich	61	9.08	1.94	1.49	.14
	weiblich	63	8.57	1.86		
	Krabbler	73	8.62	1.81	-1.44	.15
	Nicht-Krabbler	51	9.12	2.04		
Summe Habituations- zeiten in s	männlich	61	134.01	63.24	1.91	.06
	weiblich	63	113.92	54.01		
	Krabbler	73	119.70	58.65	-0.93	.35
	Nicht-Krabbler	51	129.79	60.44		

Tabelle A6

ANOVA

<i>Effekte</i>	<i>F</i> (1,120)	<i>p</i>
<i>Haupteffekte</i>		
Stimulusart:	0.07	.80
Geschlecht:	0.62	.43
Krabbeln:	3.14	.08
<i>Interaktionen</i>		
Stimulusart x Geschlecht:	0.14	.71
Stimulusart x Krabbeln:	0.48	.49
Geschlecht x Krabbeln:	0.03	.85
Stimulusart x Geschlecht x Krabbeln:	0.09	.77

Tabelle A7

t-Test für den Präferenzwert

Gruppe	<i>t</i>	<i>p</i>
Geschlecht:	$t(122) = 0.14$.71
Krabbeln:	$t(122) = 0.72$.47
Krabbler + Geschlecht:	$t(71) = 0.06$.96
Nicht-Krabbler + Geschlecht:	$t(49) = 0.49$.63
Männlich + Krabbeln	$t(59) = 0.27$.79
Weiblich + Krabbeln	$t(61) = 0.73$.47

Tabelle A8

Wilcoxon-Test

Geschlecht	Krabbeln	Anzahl der Säuglinge mit		<i>Z</i>	<i>p</i>
		Vertrautheitspräferenz	Neuheitspräferenz		
männlich		30	31	-0.22	.83
weiblich		31	32	-0.20	.85
	ja	38	35	-0.55	.58
	nein	23	28	-0.76	.45
männlich	ja	19	18	-0.54	.59
	nein	11	13	-0.43	.67
weiblich	ja	19	17	-0.20	.84
	nein	12	15	-0.67	.50

Anhang 9: Ergänzungen zu den Ergebnissen 9 Monate – Kriterium**Schwarzer et al. (2012)**

Tabelle A9

Habituationszeiten und –durchgänge

	Gruppierungs- variable	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>t-Test</i>	<i>p</i>
Habituationsdurchgänge	männlich	9.89	2.11	<i>t</i> (156) = -0.89	.37
	weiblich	9.58	2.19		
	Krabbler	9.38	2.10	<i>t</i> (156) = -2.20	.03
	Nicht-Krabbler	10.12	2.14		
Summe Habituations- zeiten in s	männlich	138.58	66.70	<i>t</i> (153.15) = 1.84	.07
	weiblich	120.66	55.22		
	Krabbler	127.18	58.54	<i>t</i> (156) = -0.55	.59
	Nicht-Krabbler	132.57	65.32		

Tabelle A10

Deskriptive Statistik

Geschlecht	Krabbeln	<u>Vertrautheitspräferenz</u>		<u>Neuheitspräferenz</u>		<u>Präferenzwert</u>	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
männlich	ja	4.91	3.20	5.06	3.79	-0.15	3.00
	nein	4.28	2.25	4.26	2.43	0.02	2.12
	beide	4.62	2.81	4.69	3.24	-0.07	2.62
weiblich	ja	4.65	3.94	4.61	3.70	0.04	2.97
	nein	3.82	2.13	3.84	2.21	-0.02	2.32
	beide	4.20	3.12	4.20	2.21	0.00	2.62
beide	ja	4.79	3.53	4.85	3.73	-0.62	2.97
	nein	4.04	2.18	4.04	2.31	0.00	2.21

Bemerkung: Es sind die Blickzeiten in s angegeben

Tabelle A11

ANOVA

<i>Effekte</i>	<i>F(1,120)</i>	<i>p</i>
<i>Haupteffekte</i>		
Stimulusart:	0.02	.90
Geschlecht:	0.84	.36
Krabbeln:	2.99	.09
<i>Interaktionen</i>		
Stimulusart x Geschlecht:	0.03	.87
Stimulusart x Krabbeln:	0.02	.90
Geschlecht x Krabbeln:	0.01	.92
Stimulusart x Geschlecht x Krabbeln:	0.07	.79

Tabelle A12

t-Test für den Präferenzwert

<i>Gruppe</i>	<i>t</i>	<i>p</i>
Geschlecht:	<i>t</i> (156) = -0.19	.85
Krabbeln:	<i>t</i> (145.98) = -0.15	.88
Krabbler + Geschlecht:	<i>t</i> (78) = -0.28	.78
Nicht-Krabbler + Geschlecht:	<i>t</i> (76) = 0.08	.93
Männlich + Krabbeln	<i>t</i> (79) = -0.28	.78
Weiblich + Krabbeln	<i>t</i> (75) = 0.10	.92

Tabelle A13

Wilcoxon-Test

Geschlecht	Krabbeln	<u>Anzahl Säugling mit</u>		Z	p
		Vertrautheitspräferenz	Neuheitspräferenz		
männlich		38	43	-0.01	.99
weiblich		42	35	-0.58	.56
	ja	42	38	-0.24	.81
	nein	38	40	-0.26	.79
männlich	ja	21	23	-0.09	.93
	nein	17	20	-0.04	.97
weiblich	ja	21	15	-0.44	.66
	nein	21	20	-0.32	.75

Danksagung

Ich möchte mich bei all den Menschen bedanken, die mich in meiner Dissertation unterstützt haben. Es war ein langer Weg, der mir, obwohl er mitunter frustrierend war, doch viel Freude bereitet hat.

Insbesondere gilt mein Dank

- ★ Martin, der mir die Möglichkeit gegeben hat noch einmal an die Universität zurück zu kommen und zu promovieren, für all die Unterstützung und Anregungen,
- ★ Philipp, der extra aus Zürich anreist, um Zweitgutachter zu sein,
- ★ meinen Kollegen, für Teamarbeit und Austausch,
- ★ meiner Familie, die mich in allem, was ich mache, unterstützt und ermutigt,
- ★ Daniel, für seine Ruhe und Kraft.

Kathrin ★

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere an Eides statt, dass die Dissertation selbständig und ohne unzulässige fremde Hilfe unter Beachtung der „Grundsätze zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf“ erstellt worden ist. Die Dissertation wurde in der vorliegenden oder ähnlichen Form bei noch keiner anderen Institution eingereicht. Ich habe bisher keine erfolglosen Promotionsversuche unternommen.

Düsseldorf, den

Kathrin Erdmann