

2D:4D-FINGERLÄNGENVERHÄLTNIS ALS PRÄDIKTOR FÜR SPRACHENTWICKLUNG UND MEDIENPRÄFERENZEN BEI KINDERGARTENKINDERN¹

Benjamin P. Lange

Zusammenfassung: Die Rolle des pränatalen Testosterons (PT) im menschlichen Verhalten ist in den letzten Jahren zunehmend in den Fokus der psychoneuroendokrologischen Forschung gerückt und wird auch zur Erklärung von Merkmalen der (Sprach-)Entwicklung von Kindern herangezogen. PT kann anhand des sogenannten Fingerverhältnisses (digit ratio) 2D:4D gemessen werden, das das Verhältnis zwischen dem Zeigefinger (2. Finger) und dem Ringfinger (4. Finger) angibt. In der vorliegenden Arbeit werden die Zusammenhänge zwischen PT, operationalisiert mittels 2D:4D, einerseits und Sprachentwicklung und Medienpräferenzen (Nutzung von Bilderbüchern) andererseits bei einer Stichprobe von 190 drei- bis vierjährigen Kindern beschrieben. PT war sowohl bei männlichen als auch bei weiblichen Probanden signifikant negativ mit den Leistungen in mehreren Sprachtests (z. B. Sprachverständnis) assoziiert. In zwei Analysen konnte 2D:4D signifikant zwischen Kindern in verschiedenen Entwicklungsstadien unterscheiden (normal entwickelt vs. förderbedürftig vs. entwicklungsverzögert). Es wurde auch festgestellt, dass ein höherer PT tendenziell mit einer geringeren Neigung zur Nutzung von Bilderbüchern verbunden sein könnte. Es wird der Schluss gezogen, dass PT negativ mit einigen Merkmalen der Sprachentwicklung sowie möglicherweise mit einigen frühen Medienpräferenzen im Vorschulalter assoziiert ist. Theoretische Erklärungsmodelle und praktische Implikationen werden diskutiert.

Keywords: 2D:4D, digit ratio, Kindergarten, Sprachentwicklung, Medienpräferenzen, Vorschulalter, pränatales Testosteron, Geschlechterunterschiede

Einleitung

Die Erforschung des Einflusses von Hormonen auf das menschliche Verhalten spielt in den Humanwissenschaften eine entscheidende Rolle. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den männlichen Sexualhormonen, den sogenannten Androgenen, insbesondere auf Testosteron [Dabbs 2000]. Bei dieser Art von Forschung ist es wichtig, zwischen postnatal aktivierendem Plasma-Testosteron und organisierendem pränatalem Testosteron (PT) zu unterscheiden, wobei letzteres seine Wirkung bereits während der Gehirnentwicklung entfaltet [Beltz et al. 2013, Berenbaum, Beltz 2011, Falter et al. 2006]. Zu den Auswirkungen von postnatal aktivierendem Testosteron auf menschliches und vor allem „typisch“ männliches Verhalten siehe Dabbs [2000] und Kimura [2000].

Ein Zweig der jüngsten psychoneuroendokrologischen Forschung (z. B. [Bailey, Hurd 2005, Falter et al. 2006, Lutchmaya et al. 2004]; für einen Überblick siehe [Manning 2002]) hat sich auf die Bedeutung von PT und seine organisierende Rolle bei der Gehirnentwicklung konzentriert und eine indirekte

¹ Deutsche Fassung von: Lange, B. P. (2015). Digit ratio as a predictor of language development and media preferences in kindergarten children. *Acta Linguistica*, 9(2), 70-83. Übersetzt mit Hilfe von KI.
Vol. 9 (2015), 2

Methode zur PT-Bewertung verwendet, die meist als 2D:4D bezeichnet wird. 2D:4D ist das Fingerverhältnis, das anhand des Verhältnisses zwischen dem Zeigefinger (2. Finger) und dem Ringfinger (4. Finger) berechnet wird. 2D:4D gilt als Indikator für PT, da gezeigt werden konnte, dass je länger der Ringfinger im Verhältnis zum Zeigefinger ist, d. h. je niedriger 2D:4D ist, desto höher war die Testosteronbelastung des Fötus [Manning 2002]. Aufgrund einer höheren PT-Exposition haben Männer im Durchschnitt niedrigere 2D:4D-Verhältnisse als Frauen (0,94 gegenüber 0,97 laut Bailey und Hurd [2005]). Daher ist 2D:4D ein geschlechtsdimorphes Merkmal [Manning et al. 1998]. Und aufgrund der maskulinisierenden Wirkung von PT während der Gehirnentwicklung sollte 2D:4D zumindest teilweise in der Lage sein, geschlechtsspezifische Verhaltens- und kognitive Unterschiede zu erklären [Halpern 1997].

Studien haben beispielsweise eine negative Korrelation zwischen 2D:4D und Aggressivität festgestellt: Je niedriger das 2D:4D-Verhältnis, d. h. je maskuliner das 2D:4D-Verhältnis, desto höher die Aggressivität [Bailey, Hurd 2005, Hampson et al. 2008, Shaw et al. 2012, van der Meij et al. 2012] bzw. die Durchsetzungsfähigkeit und Dominanz [Wilson 1983]. Laut der Metaanalyse von Hönekopp und Schuster [2010] korrelieren sportliche Fähigkeiten ebenfalls mit PT, gemessen anhand von 2D:4D. Auch empathisches Verhalten (das im Durchschnitt bei Frauen stärker ausgeprägt ist als bei Männern [Baron-Cohen 2003]) könnte durch PT, gemessen anhand von 2D:4D, moderiert werden [Kempe, Heffernan 2011, van Honk et al. 2011, Wakabayashi, Nakazawa 2010, siehe jedoch Hönekopp 2012]. Zwei prominente geschlechtsspezifische kognitive Fähigkeiten, nämlich die mentale Rotation (mit einem männlichen Vorteil von $d = 0,70$ gemäß der Metaanalyse von Voyer [2010]) und verbale Fähigkeiten (mit einem weiblichen Vorteil beispielsweise bei der Sprachproduktion von $d = -0,33$ gemäß der Metaanalyse von Hyde und Linn [1988]) sind ebenfalls wie erwartet mit 2D:4D assoziiert [Burton et al. 2005; siehe auch Collaer et al. 2007]. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit Forschungsarbeiten, die zeigen, dass auch postnatales Plasma-Testosteron ähnliche Auswirkungen auf visuell-räumliche und verbale Fähigkeiten hat [Christiansen, Knusmann 1987, Halpern 1997].

Jüngste Forschungen beschäftigen sich zunehmend mit der Rolle von PT, gemessen anhand von 2D:4D, für die kindliche Entwicklung. Dies ist möglich, da das Verhältnis zwischen dem zweiten und vierten Finger ab der frühen Kindheit relativ stabil ist [Albores-Gallo et al. 2009, Lutchmaya et al. 2004, Manning et al. 1998]. Wenn PT organisierende Auswirkungen auf die Gehirnentwicklung hat, indem es ein „maskulinisiertes“ Gehirn schafft, anstatt lediglich ein Marker für postnatales Plasma-Testosteron zu sein, sollte man erwarten, dass bereits im Kindesalter Korrelationen zwischen 2D:4D einerseits und menschlichem Verhalten und kognitiven Fähigkeiten andererseits zu finden sind.

Albores-Gallo et al. [2009] zeigten beispielsweise in ihrer Studie mit Kindern im Alter von 1 bis 4 Jahren einen Zusammenhang zwischen 2D:4D und der Wortschatzentwicklung. In Übereinstimmung damit berichteten Lutchmaya et al. [2002] über eine Korrelation zwischen PT und der Wortschatzentwicklung, obwohl sie 2D:4D nicht als Marker für PT verwendeten. Sie fanden heraus, dass je höher die PT-Exposition der Föten war, desto weniger entwickelt war der Wortschatz im Alter zwischen 18 und 24 Monaten. Brosnan [2008] berichtete in ihrer Studie an 7-jährigen Kindern über

einen positiven Zusammenhang zwischen 2D:4D und Lesen und Schreiben bei Mädchen sowie einen negativen Zusammenhang zwischen 2D:4D und Rechenfähigkeiten bei Jungen.

Außerdem spielt PT eine Rolle bei der Ätiologie von Störungen im Kindesalter (z. B. [Martel et al. 2008, Liu et al. 2012, Williams et al. 2003]). Kinder, die an Autismus leiden, einer Störung, die durch eingeschränkte soziale Fähigkeiten gekennzeichnet ist, haben niedrigere, d. h. maskulinere 2D:4D-Verhältnisse als nicht-autistische Kinder. Dies könnte erklären, warum Autismus bei Jungen und Männern auffallend überrepräsentiert ist [Manning et al. 2001]. Es wird angenommen, dass PT die Entwicklung einiger Hirnareale, insbesondere in der linken Hemisphäre, hemmt und somit solche Störungen verursacht [Geschwind, Galaburda 1987; siehe jedoch Lust et al. 2010].

Trotz dieser Erfolge (z. B. die Studie von Albores-Gallo et al. [2009]) gibt es nach Kenntnis des Autors keine Studie, die den Zusammenhang zwischen 2D:4D und der Sprachentwicklung im Kindergartenalter unter Verwendung einer breiten Palette von (Sprach-)Entwicklungsdiagnostikinstrumenten untersucht hat. Daher wurde in der aktuellen Studie der Zusammenhang zwischen 2D:4D und mehreren Dimensionen der Sprachentwicklung bei Kindern im Vorschulalter/Kindergartenalter untersucht. Noch weniger ist über den Zusammenhang zwischen PT und frühen Medienpräferenzen bei kleinen Kindern bekannt. Da es Hinweise darauf gibt, dass bestimmte Medienpräferenzen bei Erwachsenen (z. B. Filmgenres [Schwab 2010]) mit PT korrelieren, wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen der Neigung von Kindern, Bilderbücher zu verwenden oder damit zu spielen, und ihrem PT besteht.

Methodik

Die Teilnehmer waren 190 Kinder (100 Jungen, 90 Mädchen) im Alter zwischen 3 und 4 Jahren ($M = 3,68$, $SD = 0,73$). Die Kinder wurden in acht Kindergärten im deutschen Bundesland Hessen getestet. 96 Kinder erwarben Deutsch als ihre erste Sprache (d. h., zu Hause wurde hauptsächlich Deutsch gesprochen): 51 Jungen, 45 Mädchen. 56 Kinder waren „Caucasian“: 34 Jungen, 22 Mädchen. Diese Unterscheidung zwischen Kindern unterschiedlicher ethnischer Herkunft war wichtig, da 2D:4D mit der ethnischen Herkunft zusammenhängt (Manning et al. 2007). Im Allgemeinen nahmen nicht alle Kinder an allen Tests teil. Daher variierte die Stichprobengröße je nach verwendetem Test (siehe unten).

Beide Hände jedes Kindes wurden mit einem Canon CanoScan LiDE 25-Scanner gescannt (Scanmodus: Graustufen, Auflösung: 600 dpi, Format: A4, Dateityp: JPEG). Für jede Hand wurden zwei Scans durchgeführt, einer mit gespreizten Fingern und einer mit eng beieinander liegenden Fingern. Die Messungen wurden von zwei Wissenschaftlern unabhängig voneinander mit einer speziell programmierten Software durchgeführt, die möglichst genaue Messungen ermöglichte. Die Wissenschaftler wiederholten jede Messung einmal, sodass für jeden Finger insgesamt vier Werte ermittelt wurden. Die Zuverlässigkeit der Messungen war gut bis sehr gut. Die Intra-Rater-Zuverlässigkeit für jede Fingermessung lag durchgehend über $r = 0,9$ und war somit sehr gut. Für die statistische Analyse wurden nur die Werte für die rechte Hand verwendet, da das rechte 2D:4D-Verhältnis möglicherweise ein validerer Marker für PT ist [Hönekopp, Watson 2010, Lutchmaya et al. 2004, Manning et al. 1998, Williams et al. 2003]. Die jeweiligen Werte wurden anhand der

Mittelwerte der Messungen der beiden Finger der rechten Hand ermittelt. Was die Interrater-Reliabilität betrifft, so korrelierte der auf den Messungen von Messperson 1 basierende rechte 2D:4D-Mittelwert mit $r = 0,87$ mit dem auf den Messungen von Messperson 2 basierenden rechten 2D:4D-Mittelwert ($N = 190$ Scans). Die Interrater-Reliabilität war somit ebenfalls gut. Der Mittelwert der von den beiden Messern ermittelten 2D:4D-Werte wurde für die eigentlichen statistischen Analysen verwendet.

Die folgende Auswahl an (Sub- / Unter-)Tests zur Sprachentwicklung wurde durchgeführt: die Untertests „Zahlen merken“ (misst das phonologische Gedächtnis), „Wörter erklären“ (misst die sprachliche Begriffsbildung / den Wortschatz), „Puppenspiel“ (bewertet das Sprachverständnis und die verbale Interaktion, insbesondere das Verständnis grammatikalischer Strukturen) aus dem Wiener Entwicklungstest (WET [Kastner-Koller, Deimann 2002]); Subtests „Satzverständnis“ und „phonologisches Arbeitsgedächtnis für Nichtwörter“ aus dem Sprachentwicklungstest für drei- bis fünfjährige Kinder (SETK 3-5 [Grimm 2001]).

Für den Zusammenhang zwischen PT und der Neigung zum Gebrauch von Bilderbüchern wurde eine Skala zur Bewertung der Interaktion des Kindes mit Bilderbüchern aus dem Test „Sprachentwicklung und Literacy bei deutschsprachig aufwachsenden Kindern“ (SELDAK [Ulich, Mayr 2006]) verwendet. SELDAK ist ein Test in Form eines Beobachtungsbogens, der zur Untersuchung der Sprachentwicklung deutschsprachiger Kinder verwendet wird. Unter mehreren Skalen enthält er eine Skala zum autonomen Gebrauch von Bilderbüchern, die in der aktuellen Studie verwendet wurde, um die Aspekte der frühen Medienpräferenzen abzudecken. Das Instrument „Sprachverhalten und Interesse an Sprache bei Migrantenkindern in Kindertageseinrichtungen“ (SISMIK [Ulich, Mayr 2003]) ist mit SELDAK vergleichbar, wird jedoch für Kinder mit Migrationshintergrund verwendet. SISMIK besteht aus mehreren Skalen, die denen von SELDAK ähneln. Eine SISMIK-Skala erfasst die Affinität zu Bilderbüchern, Geschichtenerzählen und Reimen und ist somit mit der SELDAK-Bilderbuchskala vergleichbar.

Für die WET-Subtests wurden C-Werte verwendet, d. h. Perzentile. Der höchstmögliche C-Wert ist 10 ($M = 5$, $SD = 2$). Die SETK-Subtests sowie die SELDAK- und SISMIK-Skalen verwenden T-Werte ($M = 50$, $SD = 10$).

Die (Teil-)Stichprobengrößen waren wie folgt: WET-Subtest „Zahlen merken“: $n = 180$ (94 Jungen, 86 Mädchen), WET-Subtest „Wörter erklären“: $n = 177$ (94 Jungen, 83 Mädchen), WET-Subtest „Puppenspiel“: $n = 176$ (92 Jungen, 84 Mädchen); SETK-Subtest „Satzverständnis“: $n = 178$ (93 Jungen, 85 Mädchen), SETK-Subtest „phonologisches Arbeitsgedächtnis für Nichtwörter“: $n = 181$ (94 Jungen, 87 Mädchen); SELDAK-Skala zum autonomen Gebrauch von Bilderbüchern: $n = 20$ (11 Jungen, 9 Mädchen); SISMIK-Skala zur Affinität zu Bilderbüchern, Geschichtenerzählen und Reimen: $n = 124$ (63 Jungen, 61 Mädchen).

Inspiziert von Manning et al. [2000: 176] und aufgrund der teilweise recht geringen Größe einiger Teilstichproben wurde ein Alpha-Niveau von 0,10 als Anker für die Entscheidung verwendet, ob statistische Signifikanz erreicht wurde oder nicht. Dies erschien angesichts der teilweise recht geringen Stichprobengrößen und der allgemeinen Tatsache, dass 2D:4D-Effekte meist gering sind (z. B. [Albores-Gallo et al. 2009, Hönekopp, Schuster 2010]), angemessen.

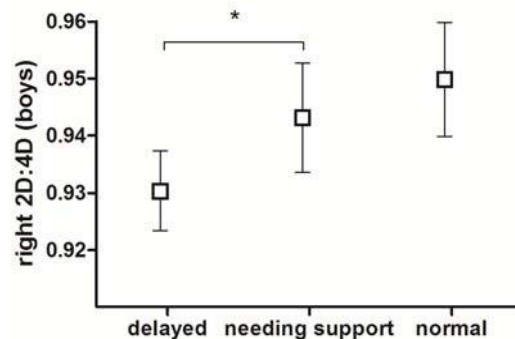
Ergebnisse

Das Verhältnis 2D:4D war normalverteilt ($Z < 1$, $p = 0,20$). Die Geschlechter unterschieden sich signifikant und mit moderater Effektstärke voneinander, wobei Jungen niedrigere Werte ($M = 0,938$, $SD = 0,025$) aufwiesen als Mädchen ($M = 0,951$, $SD = 0,030$; $t = -3,226$, $p = 0,001$, $d = -0,47$).

Da 2D:4D somit mit dem Geschlecht konfundiert ist, wurde, ähnlich dem Vorgehen anderer Studien zuvor (z. B. [Albores-Gallo et al. 2009]), die Beziehung zwischen 2D:4D und den Dimensionen der Sprachentwicklung für jedes Geschlecht separat untersucht. Die Beziehung zwischen 2D:4D und der Leistung im WET-Subtest „Zahlen merken“ war sowohl für Jungen als auch für Mädchen nicht signifikant ($ps > .5$). Für den Subtest „Wörter erklären“ war das Ergebnis nur geringfügig signifikant für Jungen mit etwa 2 % erklärter Varianz ($p = .077$, $R_{\text{kor}}^2 = 0,023$). Der Zusammenhang zwischen 2D:4D und der Testpunktzahl in „Puppenspiel“ (Sprachverständnis und verbale Interaktion) war bei einem Alpha-Niveau von 1 % in der männlichen Teilstichprobe signifikant, da ein niedrigerer PT mit einer besseren Leistung verbunden war. 2D:4D erklärte insgesamt fast 9 % der Leistungsvarianz ($p = 0,003$, $R_{\text{kor}}^2 = 0,085$). Ein auffälliges Ergebnis ist also, dass Jungen umso besser in der verbalen Kommunikation abschnitten (bei „Wörter erklären“ und insbesondere „Puppenspiel“), je niedriger der PT-Wert war, dem sie als Föten ausgesetzt waren. Bei Mädchen waren die Ergebnisse jedoch nicht signifikant.

Der WET ermöglicht eine Einteilung der Kinder in solche mit normaler Entwicklung ($C \geq 4$), solche, die pädagogische Förderung benötigen ($C < 4$), und solche mit Entwicklungsverzögerung ($C < 2$). Es wurde daher getestet, ob 2D:4D zwischen den verschiedenen Gruppen unterscheiden kann (d. h. normale Entwicklung vs. Förderbedarf vs. Entwicklungsverzögerung). Zu diesem Zweck wurden für jedes Geschlecht separate ANOVAs durchgeführt, wobei die drei Gruppen als Faktor und das rechte 2D:4D-Verhältnis als abhängige Variable dienten. In den Untertests „Zahlen merken“ und „Wörter erklären“ konnte PT weder bei Jungen noch bei Mädchen einen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gruppen feststellen. Für den Subtest „Puppenspiel“ wurde festgestellt, dass 2D:4D innerhalb der Untergruppe der Jungen signifikant zwischen den verschiedenen Gruppen (normale Entwicklung vs. Förderbedarf vs. verzögerte Entwicklung) unterscheiden konnte ($F_{(2,89)} = 5,216$, $p = 0,007$, $\eta_p^2 = .105$), wobei maskulinere 2D:4D-Verhältnisse mit Sprachentwicklungsproblemen assoziiert waren (2D:4Ds = 0,930 für Jungen mit verzögerter Entwicklung, 0,943 für Jungen, die pädagogische Unterstützung benötigen, und 0,950 für normal entwickelte Jungen). Wie ein Post-hoc-Test (LSD) ergab, kam das signifikante Ergebnis in der ANOVA durch den Unterschied zwischen Jungen mit Entwicklungsverzögerung ($C < 2$) und solchen, die pädagogische Unterstützung benötigen ($C < 4$), zustande ($p = 0,025$). Die Effektstärke für diesen Unterschied war moderat ($d = 0,53$). Eine grafische Übersicht finden Sie in Abbildung 1.

Abbildung 1. 2D:4D-Unterschiede (rechte Hand: „right 2D:4D“) zwischen Jungen („boys“) mit verzögerter Sprachentwicklung (delayed), Jungen, die pädagogische Förderung benötigen (needing support), und Jungen mit normaler Entwicklung (normal) hinsichtlich Sprachverständnis und verbaler Interaktion (WET-Subtest „Puppenspiel“, C-Werte: < 2 vs. < 4 vs. ≥ 4)



Anmerkung. Fehlerbalken: 95%-Konfidenzintervall. * $p < ,05$

Bei den Mädchen waren die Ergebnisse auf den ersten Blick ähnlich: $F_{(2,81)} = 4,536$, $p = 0,014$, $\eta_p^2 = 0,101$. Die 2D:4D-Werte waren jedoch nicht in der erwartbaren Reihenfolge: 0,950 für Mädchen mit Entwicklungsverzögerung, 0,941 für Mädchen, die pädagogische Unterstützung benötigen, und 0,964 für normal entwickelte Mädchen. Der Unterschied zwischen Mädchen, die pädagogische Unterstützung benötigten, und normal entwickelten Mädchen entsprach jedoch der vorhergesagten Richtung und war statistisch signifikant ($p = 0,004$) mit einer großen Effektstärke ($d = 0,83$). Das Muster ist, dass ein hoher PT-Wert mit Defiziten in der Sprachentwicklung verbunden ist bzw. dass ein niedriger PT-Wert mit einer normalen Sprachentwicklung verbunden ist.

Als Nächstes wurde der Zusammenhang zwischen PT und den Ergebnissen in zwei SETK 3-5-Subtests untersucht. Es zeigte sich, dass ein niedriger PT-Wert durchweg mit besseren Sprachfähigkeiten verbunden war. In zwei von vier Berechnungen war dieser Zusammenhang signifikant oder marginal signifikant mit bis zu 5 % erklärter Varianz. Die Leistung der Jungen (aber nicht der Mädchen) im Bereich „Satzverständnis“ wurde signifikant durch 2D:4D ($p = 0,023$, $R_{\text{kor}}^2 = 0,045$) vorhergesagt. Die Leistung der Mädchen (aber nicht die der Jungen) im Bereich „Phonologisches Arbeitsgedächtnis für Nichtwörter“ wurde marginal signifikant durch 2D:4D vorhergesagt ($p = 0,083$, $R_{\text{kor}}^2 = 0,023$).

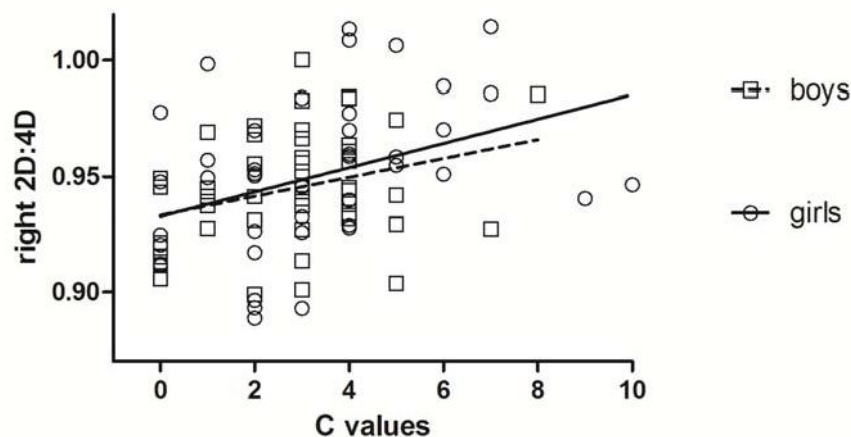
Hinsichtlich der SELDAK-Skala zum autonomen Gebrauch von Bilderbüchern konnte kein signifikantes Ergebnis erzielt werden. Die Stichprobengrößen waren jedoch relativ gering ($n = 20$). Dies lag daran, dass SELDAK für Kinder gedacht ist, die mit Deutsch aufwachsen. Daher wurde beschlossen, SELDAK nur bei den Kindern anzuwenden, bei denen sicher war, dass sie Deutsch als Muttersprache erlernten. Die Tatsache, dass viele Kinder in der Stichprobe einen Migrationshintergrund hatten (siehe oben), reduzierte zwangsläufig die Stichprobengröße und die statistische Aussagekraft auch für diesen Test. Das bedeutete, dass selbst beträchtliche Effekte statistisch möglicherweise nicht signifikant waren. Und einige Effekte waren in der Tat groß. Beispielsweise erklärte PT für das Bildbuch-Skalenitem, dass misst, ob

das Kind fasziniert vom Umgang mit einem Bildbuch ist, 11 % der Varianz für dieses Item bei Mädchen (ein niedrigerer PT-Wert bedeutet ein höheres Interesse an Bildbüchern). Für SISMIK war die Stichprobengröße größer. Auch hier wurde die Skala untersucht, die die Affinität zu Bilderbüchern, Geschichtenerzählen und Reimen abdeckt. Allerdings konnte weder bei Jungen noch bei Mädchen ein signifikanter Einfluss von 2D:4D auf diese Affinität festgestellt werden.

Die Verwendung unterschiedlicher Instrumente für deutsche und nichtdeutsche Kinder weist auf einen kritischen Aspekt hin: Wenn Kinder Deutsch nicht als ihre Erstsprache erwerben, sind Tests wie WET oder SETK, die auf Deutsch durchgeführt werden und für deutschsprachige Kinder gedacht sind, problematisch. Darüber hinaus könnte die Frage, ob PT-Unterschiede in den Testergebnissen bei Sprachtests erklärt, vernachlässigbar sein, da stattdessen der deutsche Sprachinput entscheidend sein könnte. Daher wurden die obigen Analysen nur mit einer Teilstichprobe von Kindern wiederholt, bei denen anhand eines Fragebogens für Eltern sicher war, dass ihre Familiensprache Deutsch war ($N = 96$; 51 Jungen, 45 Mädchen).

Im WET-Subtest „Zahlen merken“ war 2D:4D weder für Jungen noch für Mädchen ein signifikanter Prädiktor ($ps > .2$). Bei „Wörter erklären“ war das Ergebnis für Mädchen marginal signifikant ($p = .08$, $R_{\text{kor}}^2 = .048$), für Jungen jedoch nicht. Im Subtest „Puppenspiel“ war das Ergebnis für Mädchen hochsignifikant ($p = 0,01$, $R_{\text{kor}}^2 = 0,126$) und für Jungen signifikant ($p = 0,032$, $R_{\text{kor}}^2 = 0,075$). Eine grafische Übersicht finden Sie in Abbildung 2.

Abbildung. 2. Streudiagramme mit Regressionslinien, die den Zusammenhang zwischen dem rechten 2D:4D-Verhältnis („right 2D:4D“) bei Jungen („boys“) und Mädchen („girls“) in der deutschen Teilstichprobe und ihren Leistungen im Sprachverständnis und in der verbalen Interaktion (WET-Subtest „Puppenspiel“, C-Werte) zeigen.



Erneut wurde geprüft, ob sich die PT zwischen den drei Gruppen von Kindern (normal entwickelt, pädagogischer Förderbedarf, Entwicklungsverzögerung; siehe oben) unterschied. Im Subtest „Zahlen merken“ konnte 2D:4D weder bei Jungen noch bei Mädchen zwischen den drei Gruppen unterscheiden ($ps > .5$). Bei „Wörter erklären“ war das Ergebnis für Jungen ebenfalls nicht signifikant.

Bei den Mädchen gab es einen leichten Trend zur Signifikanz ($p = 0,108$). Da die Stichprobengröße für die hier durchgeführten Analysen eher gering war, lohnte es sich, den Fokus eher auf die Effektgrößen zu legen. Tatsächlich lag die erklärte Varianz hier bei etwa 10 % ($\eta_p^2 = 0,103$). Bei Mädchen in „Puppenspiel“ gab es ein signifikantes Ergebnis in der ANOVA ($F_{(2,41)} = 7,398$, $p = 0,002$, $\eta_p^2 = 0,265$). Die Fingerlängenverhältnisse entsprachen jedoch nicht ganz den Erwartungen (2D:4Ds = normal entwickelt: 0,969, pädagogischer Förderbedarf: 0,931, Entwicklungsverzögerung: 0,941). Dennoch war eine normale Entwicklung mit einem niedrigen PT verbunden. Bei Jungen war das Ergebnis in der ANOVA marginal signifikant ($F_{(2,46)} = 2,449$, $p = ,098$, $\eta_p^2 = ,096$). Dennoch erklärt PT fast 10 % der Varianz. Die Fingerlängenverhältnisse entsprachen den Erwartungen, da je höher das Verhältnis war, desto weniger bestanden Entwicklungsprobleme (2D:4Ds = normal entwickelt: 0,950, pädagogischer Förderbedarf: 0,948, Entwicklungsverzögerung: 0,932).

Die Testergebnisse im SETK-Subtest zum Satzverständnis konnten weder für Jungen noch für Mädchen signifikant durch 2D:4D vorhergesagt werden. Im Subtest „Phonologisches Arbeitsgedächtnis für Nichtwörter“ gab es jedoch einen hochsignifikanten Zusammenhang in der vorhergesagten Richtung ($p = 0,004$, $R_{\text{kor}}^2 = 0,160$) für Mädchen, jedoch nicht für Jungen. Für SELDAK wurde kein signifikantes Ergebnis gefunden. Die SISMIK-Testergebnisse wurden nicht untersucht, da SISMIK nur bei Kindern durchgeführt wurde, die zu Hause nicht mit Deutsch aufgewachsen sind (siehe oben).

2D:4D ist nicht nur mit dem Geschlecht, sondern auch mit der ethnischen Zugehörigkeit konfundiert [Manning et al. 2007]. Daher ist es nicht nur wichtig, 2D:4D für jedes Geschlecht separat zu untersuchen, um homogene Gruppen zu betrachten, sondern auch die ethnische Zugehörigkeit zu kontrollieren. Es wurden daher die vorherigen Analysen nur für „Caucasians“ ($n = 57$) durchgeführt. Die Analysen in dieser ethnisch eher homogenen Gruppe ergaben im Wesentlichen ähnliche Ergebnisse wie die anderen Analysen. Es wurden folgende Ergebnisse gefunden: Weder bei Jungen noch bei Mädchen konnte 2D:4D die Leistung im WET-Subtest „Zahlen merken“ vorhersagen. Bei „Wörter erklären“ konnte 2D:4D die Leistung bei Jungen nicht erklären. Bei Mädchen war das Ergebnis nur geringfügig signifikant, aber mit etwa 10 % erklärter Varianz ($p = 0,094$, $R_{\text{kor}}^2 = 0,101$). Wie in allen Analysen war ein niedriges 2D:4D-Verhältnis (d. h. ein hoher PT-Wert) mit schlechteren Sprachkenntnissen verbunden.

Bei „Puppenspiel“ konnte 2D:4D 33 % der Leistungsvarianz bei Mädchen erklären ($p = 0,004$, $R_{\text{kor}}^2 = 0,334$). Bei Jungen war das Ergebnis nicht signifikant. Beim Subtest „Zahlen merken“ konnte 2D:4D weder bei Jungen noch bei Mädchen zwischen den drei Gruppen (normal entwickelt, pädagogischer Förderbedarf, Entwicklungsverzögerung) unterscheiden ($ps > 0,6$). Bei Jungen konnte 2D:4D auch in den WET-Subtests „Wörter erklären“ und „Puppenspiel“ nicht signifikant zwischen den drei Gruppen (siehe oben) unterscheiden. Auch bei Mädchen war das Ergebnis für „Wörter erklären“ nicht signifikant. Es ging jedoch in die erwartete Richtung und ergab einen großen Effekt ($F_{(2,17)} = 2,160$, $p = 0,146$, $\eta_p^2 = 0,203$; 2D:4Ds = normal entwickelt: 0,961, pädagogischer Förderbedarf: 0,953, Entwicklungsverzögerung: 0,929). Bei der Leistung der Mädchen im Bereich „Puppenspiel“ unterschied sich 2D:4D signifikant zwischen den drei Gruppen ($F_{(2,17)} = 5,983$, $p = 0,011$, $\eta_p^2 = 0,413$; 2D:4Ds = normal entwickelt: 0,971, pädagogischer Förderbedarf: 0,939, Entwicklungsverzögerung: 0,928). Allerdings war nur der Unterschied

zwischen normal entwickelten und förderbedürftigen Mädchen statistisch signifikant ($p = 0,023$). Er ergab jedoch eine große Effektstärke ($d = 1,37$).

2D:4D ist nicht nur mit Geschlecht, sondern auch mit der ethnischen Zugehörigkeit konfundiert [Manning et al. 2007]. Daher ist es wichtig, 2D:4D nicht nur für jedes Geschlecht separat zu untersuchen, um homogene Gruppen zu berücksichtigen, sondern auch die ethnische Zugehörigkeit zu kontrollieren. Es wurden daher die vorherigen Analysen nur für „Caucasians“ ($n = 57$) durchgeführt. Die Analysen in dieser ethnisch homogenen Gruppe ergaben im Wesentlichen ähnliche Ergebnisse wie die anderen Analysen. Es wurden folgende Ergebnisse gefunden: Weder bei Jungen noch bei Mädchen konnte 2D:4D die Leistung im WET-Subtest „Zahlen merken“ vorhersagen. Bei „Wörter erklären“ erklärte 2D:4D die Leistung bei Jungen nicht. Bei Mädchen war das Ergebnis nur geringfügig signifikant, aber mit einer erklärten Varianz von etwa 10 % ($p = 0,094$, $R_{\text{kor}}^2 = 0,101$). Wie in allen Analysen war ein niedriges 2D:4D-Verhältnis (d. h. ein hoher PT-Wert) mit schlechteren Sprachfähigkeiten verbunden.

Im Untertest „Puppenspiel“ erklärte 2D:4D 33 % der Leistungsunterschiede bei Mädchen ($p = 0,004$, $R_{\text{kor}}^2 = 0,334$). Bei Jungen war das Ergebnis nicht signifikant.

Im Untertest „Zahlen merken“ unterschied 2D:4D weder bei Jungen noch bei Mädchen zwischen den drei Gruppen (normal entwickelt, pädagogischer Förderbedarf, entwicklungsverzögert) ($ps > 0,6$). Bei Jungen konnte 2D:4D auch in den WET-Subtests „Wörter erklären“ und „Puppenspiel“ nicht signifikante zwischen den drei Gruppen (siehe oben) unterscheiden. Bei Mädchen war das Ergebnis für „Wörter erklären“ ebenfalls nicht signifikant. Es ging jedoch in die erwartete Richtung und zeigte einen großen Effekt ($F_{(2,17)} = 2,160$, $p = 0,146$, $\eta_p^2 = 0,203$; 2D:4Ds = normal entwickelt: 0,961, pädagogischer Förderbedarf: 0,953, Entwicklungsverzögerung: 0,929). Bei den Leistungen der Mädchen im Sub-Test „Puppenspiel“ unterschied sich 2D:4D zwischen den drei Gruppen signifikant ($F_{(2,17)} = 5,983$, $p = 0,011$, $\eta_p^2 = 0,413$; 2D:4Ds = normal entwickelt: 0,971, förderbedürftig: 0,939, Entwicklungsverzögerung: 0,928). Allerdings war nur der Unterschied zwischen normal entwickelten und förderbedürftigen Mädchen statistisch signifikant ($p = 0,023$). Dieser ergab jedoch eine große Effektstärke ($d = 1,37$). Tabelle 1 fasst wesentliche Befunde zusammen.

Tabelle 1. Zusammenhang zwischen rechtem 2D:4D und Testergebnis (in erklärter Varianz, R_{kor}^2), nach Geschlecht des Kindes und (Sub-) Stichprobe.

Gesamte Stichprobe (N = 190, 100 Jungen, 90 Mädchen)								Deutsche Sub-Stichprobe (n = 96, 51 Jungen, 45 Mädchen)							“Caucasian” Sub-Stichprobe (n = 56, 34 Jungen, 22 Mädchen)						
Test ↙ G.	ZM	WE	PG	SV	PM	SI	SE	ZM	WE	PG	SV	PM	SE	ZM	WE	PG	SV	PM	SI	SE	
♂	–	.023	.085	.045	–	–	–	.010	–	.075	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
♀	–	–	.014	–	.023	–	–	–	.048	.126	–	.160	–	–	.101	.334	.031	.362	–	.700	

Anmerkung. Tests: ZM = Zahlen merken, WE = Wörter erklären, P = Puppenspiel (WET); SV = Sätze verstehen, PG = Phonologisches Gedächtnis für Nichtwörter (SETK); SI = SISMik – Bilderbücher (Kinder mit Migrationshintergrund); SE = SELDAK – Bilderbücher (deutsche Kinder); G = Geschlecht. Nur R_{kor}^2 -Werte von mind. 0,1 werden berichtet. $p \leq .1$, $p < .05$, $p < .01$

Diskussion

Die aktuelle Studie untersuchte den Zusammenhang zwischen 2D:4D, einem Marker für pränatales Testosteron (PT), und der Sprachentwicklung sowie frühen Medienpräferenzen (Affinität zum Spielen mit Bilderbüchern) im Kindergartenalter.

2D:4D ist ein normalverteiltes Merkmal in der Bevölkerung [Manning 2002]. Dasselbe galt für 2D:4D in der aktuellen Stichprobe. Wie erwartet unterschieden sich die Geschlechter signifikant voneinander mit moderater Effektstärke, wobei die Werte für Jungen niedriger waren.

Im Allgemeinen waren verbale Fähigkeiten mit niedrigem PT assoziiert, wie es angesichts früherer Forschungsergebnisse zu erwarten war (z. B. [Lutchmaya et al. 2002]). In einigen Fällen wurde statistische Signifikanz erreicht, in anderen Fällen nicht, je nach Größe der Teilstichproben und Effektstärken. Die Effektgrößen waren meist klein bis moderat.

In der gesamten Stichprobe erklärte 2D:4D zwischen 5 und 9 % der Varianz in den Sprachverständnisfähigkeiten der Jungen (Subtests zum Satzverständnis und „Puppenspiel“). Das bedeutet, dass ein höherer PT mit einer schlechteren Leistung im jeweiligen Subtest verbunden ist. Bei den Mädchen waren die Ergebnisse bei der Untersuchung der gesamten Stichprobe weniger eindeutig (siehe Tabelle 1). Betrachtet man die deutsche Teilstichprobe und die „Caucasian“ Stichprobe, scheint 2D:4D mit einem Drittel und mehr der erklärten Varianz für die weibliche Entwicklung wichtiger zu sein als für die männliche.

Obwohl die Teilstichproben eher klein waren, waren sie wahrscheinlich besser geeignet, um valide Ergebnisse zu liefern als die gesamte Stichprobe, da Störfaktoren (z. B. ethnische Zugehörigkeit) kontrolliert wurden. Daher könnte insbesondere bei Mädchen ein relativ hoher PT-Wert für die Sprachentwicklung von Nachteil sein.

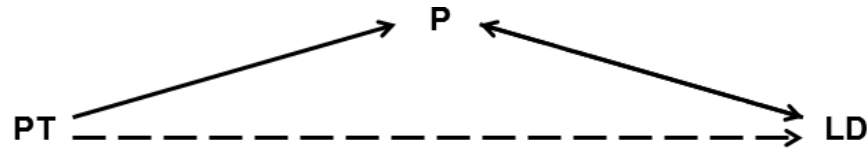
Es wurde auch festgestellt, dass 2D:4D zwischen Kindern mit normaler und nicht normaler (förderbedürftiger oder verzögerter) Entwicklung unterscheiden kann. Am deutlichsten zeigte sich dies im WET-Subtest „Puppenspiel“. In der gesamten Stichprobe war das Ergebnis für Jungen signifikant. Bei Mädchen ergab die entsprechende Analyse nur in der „Caucasian“ Teilstichprobe ein signifikantes Ergebnis (siehe oben). Das Muster war, dass Kinder mit einer verzögerten Entwicklung niedrigere 2D:4D-Verhältnisse aufwiesen, d. h. eine höhere Testosteronexposition im Mutterleib, bzw. dass normal entwickelte Kinder höhere 2D:4D-Verhältnisse aufwiesen, d. h. eine geringere Testosteronexposition im Mutterleib.

Die Ergebnisse für frühe Medienpräferenzen, d. h. die Affinität zum Spielen mit Bilderbüchern, waren insgesamt nicht überzeugend. Alle Ergebnisse gingen in die vorhergesagte Richtung (niedrige PT war mit einer hohen Affinität zum Spielen mit Bilderbüchern verbunden), aber die Effektgrößen waren gering. Darüber hinaus waren die Stichprobengrößen gering, was weitere Untersuchungen zu diesem Thema mit größeren Stichprobengrößen erforderlich macht.

Die Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen PT und Sprachentwicklung stimmen im Allgemeinen mit der Geschwind-Galaburda-Hypothese überein [Geschwind, Galaburda 1987], die unter anderem behauptet, dass PT negative Auswirkungen auf die Entwicklung der linken Gehirnhälfte hat und somit die Fähigkeiten der linken Gehirnhälfte, darunter auch die sprachlichen Fähigkeiten, beeinträchtigt. Die Geschwind-Galaburda-Hypothese ist jedoch umstritten [Lust et al. 2010].

Obwohl zahlreiche Erkenntnisse über den Zusammenhang zwischen 2D:4D und verhaltensbezogenen Korrelaten vorliegen [Manning 2002], bleiben einige Fragen zur Natur des Mechanismus hinter diesem Zusammenhang unbeantwortet. Es lässt sich vermuten, dass PT keinen direkten Einfluss auf die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten hat, sondern lediglich bestimmte Präferenzen prägt, beispielsweise in Bezug auf das Spielverhalten [Alexander, Saenz 2012, Beltz et al. 2013, Berenbaum, Beltz 2011, Ceci et al. 2009, siehe auch Berenbaum et al. 2012, Valla, Ceci 2011]. Diese Präferenzen könnten dann Trainingseffekte in den jeweiligen kognitiven und/oder entwicklungsbezogenen Dimensionen haben [Ceci et al. 2009, Valla, Ceci 2011]. So könnte beispielsweise die höhere Präferenz von Mädchen für soziale Interaktion teilweise durch PT geprägt sein. Und diese Präferenz könnte dann möglicherweise ihre Sprachentwicklung beeinflussen, die dann im Vergleich zu der der Jungen fortgeschrittener ist. Auch das Stadium der Sprachentwicklung, d. h. die Sprachkenntnisse zu einem bestimmten Zeitpunkt, könnte die Präferenzen beeinflussen (siehe Abbildung 3). Beispielsweise könnte ein Kind, dessen Sprachkenntnisse so weit fortgeschritten sind, dass es sich mit seinen Eltern richtig unterhalten kann, ein verstärktes Interesse daran entwickeln, tatsächlich so viel wie möglich mit seinen Eltern zu sprechen. Dies könnte sich wiederum auf die Sprachentwicklung des Kindes auswirken.

Abbildung. 3. Beziehung zwischen pränatalem Testosteron (PT), Präferenzen (P), and Sprachentwicklung (language development; LD).



Note. Die gestrichelte Linie demonstriert eine potenziell nur indirekte Beziehung zwischen PT und LD.

Die pädagogische Konsequenz könnte dann darin bestehen, Jungen trotz oder vielleicht sogar wegen ihrer im Durchschnitt höheren körperlichen Leistungsfähigkeit zu sprachbasierten sozialen Interaktionen zu ermutigen. Gleichzeitig könnten Mädchen dazu ermutigt werden, an typisch jungenhaften Aktivitäten teilzunehmen. Psychologische Geschlechtsunterschiede sind meist eine Frage der Vorlieben und nicht der Fähigkeiten [Euler 2015]. Vorlieben können jedoch zu Fähigkeiten werden, denn je mehr sich ein Kind mit einer bestimmten Aktivität beschäftigt ist, weil es eine Affinität zu dieser Aktivität hat, desto besser wird es in dieser Aktivität. Das bedeutet, dass trotz einiger biologischer Ursachen im Spracherwerbsprozess immer noch das Potenzial besteht, die Sprachfähigkeiten von Kindern in Richtung wünschenswerter Ergebnisse zu formen.

LITERATURVERZEICHNIS

- Albores-Gallo et al. 2009 – *Albores-Gallo L., Fernández-Guasti A., Hernández-Guzmán L., List-Hilton C.* 2D:4D finger ratio and language development // *Revista de Neurología*, 48 (2009).
- Alexander, Saenz 2012 – *Alexander G.M., Saenz J.* Early androgens, activity levels and toy choices of children in the second year of life // *Hormones and Behavior*, 62 (2012).
- Bailey, Hurd 2005 – *Bailey A.A., Hurd P.L.* Finger length ratio (2D:4D) correlates with physical aggression in men but not in women // *Biological Psychology*, 68 (2005).
- Baron-Cohen 2003 – *Baron-Cohen S.* *The Essential Difference*. New York: Basic Books, 2003.
- Beltz et al. 2013 – *Beltz A.M., Blakemore J.E.O., Berenbaum S.A.* Sex differences in brain and behavioural development. // H.Tager-Flusberg (ed.). *Neural Circuit Development and Function in the Healthy and Diseased Brain*. Oxford: Elsevier, 2013.
- Berenbaum, Beltz 2011 – *Berenbaum S.A., Beltz A.M.* Sexual differentiation of human behavior: Effects of prenatal and pubertal organizational hormones // *Frontiers in Neuroendocrinology*, 32 (2011).
- Berenbaum et al. 2012 – *Berenbaum S.A., Korman Bryk K.L., Beltz A.M.* Early androgen effects on spatial and mechanical abilities: Evidence from congenital adrenal hyperplasia // *Behavioral Neuroscience*, 126 (2012).
- Brosnan 2008 – *Brosnan M.J.* Digit ratio as an indicator of numeracy relative to

- literacy in 7-year-old British schoolchildren // *British Journal of Psychology*, 99 (2008).
- Burton et al. 2005 – *Burton L.A., Henninger D., Hafetz J.* Gender differences in relations of mental rotation, verbal fluency, and SAT scores to finger length ratios as hormonal indexes // *Developmental Neuropsychology*, 28 (2005).
- Christiansen, Knusmann 1987 – *Christiansen K., Knusmann R.* Sex hormones and cognitive functioning in men // *Neuropsychobiology*, 18 (1987).
- Ceci et al. 2009 – *Ceci S.J., Williams W.M., Barnett S.M.* Women's underrepresentation in science: Sociocultural and biological considerations // *Psychological Bulletin*, 135 (2009).
- Collaer et al. 2007 – *Collaer M.L., Reimers S., Manning J.T.* Visuospatial performance on an internet line judgment task and potential hormone markers: sex, sexual orientation, and 2D:4D // *Archives of Sexual Behavior*, 36 (2007).
- Dabbs 2000 – *Dabbs J.M.* Heroes, Rogues, and Lovers: Testosterone and Behaviour. New York: McGraw-Hill, 2000.
- Euler 2015 – *Euler H.A.* Geschlechterunterschiede // B.P.Lange, S.Schwarz (eds.). Die menschliche Psyche zwischen Natur und Kultur. Lengerich: Pabst Publishers, 2015.
- Falter et al. 2006 – *Falter C.M., Arroyo M., Davis G.J.* Testosterone: Activation or organization of spatial cognition? // *Biological Psychology*, 73 (2006).
- Geschwind, Galaburda 1987 – *Geschwind N., Galaburda A.M.* Cerebral Lateralization: Biological Mechanisms, Associations and Pathology. Cambridge: MIT Press, 1987.
- Grimm 2011 – *Grimm H.* Sprachentwicklungstest für drei- bis fünfjährige Kinder (SETK 3-5). Göttingen: Hogrefe, 2011.
- Halpern 1997 – *Halpern D.F.* Sex differences in intelligence. Implications for education // *American Psychologist*, 52 (1997).
- Hampson et al. 2008 – *Hampson E., Ellis C.L., Tenk C.M.* On the relation between 2D:4D and sex-dimorphic personality traits // *Archives of Sexual Behavior*, 37 (2008).
- Hönekopp 2012 – *Hönekopp J.* Digit ratio 2D:4D in relation to autism spectrum disorders, empathizing, and systemizing: A quantitative review // *Autism Research*, 5 (2012).
- Hönekopp, Schuster 2010 – *Hönekopp J., Schuster M.* A meta-analysis on 2D:4D and athletic prowess: Substantial relationships but neither hand out-predicts the other // *Personality and Individual Differences*, 48 (2010).
- Hönekopp, Watson 2010 – *Hönekopp J., Watson S.* Meta-analysis of digit ratio 2D:4D shows greater sex difference in the right hand // *American Journal of Human Biology*, 22 (2010).
- Hyde, Linn 1988 – *Hyde J.S., Linn M.C.* Gender differences in verbal ability: A meta-analysis // *Psychological Bulletin*, 104 (1988).
- Kastner-Koller, Deimann 2002 – *Kastner-Koller U., Deimann P.* WET. Wiener Entwicklungstest. Ein Verfahren zur Erfassung des allgemeinen Entwicklungsstandes bei Kindern von 3 bis 6 Jahren. 2nd ed. Göttingen: Hogrefe, 2002.
- Kempe, Heffernan 2011 – *Kempe V., Heffernan E.* Digit ratio is linked to affective empathy in women // *Personality and Individual Differences*, 50 (2011).

- Kimura 2000 – *Kimura D.* Sex and Cognition. Cambridge: The MIT Press, 2000.
- Liu et al. 2012 – *Liu J., Portnoy J., Raine A.* Association between a marker for prenatal testosterone exposure and externalizing behavior problems in children // *Development and Psychopathology*, 24 (2012).
- Lust et al. 2010 – *Lust J.M., Geuze R.H., Van de Beek C., Cohen-Kettenis P.T., Groothuis A.G.G., Bouma A.* Sex specific effect of prenatal testosterone on language lateralization in children // *Neuropsychologia*, 48 (2010).
- Lutchmaya et al. 2002 – *Lutchmaya S., Baron-Cohen S., Raggatt P.* Foetal testosterone and vocabulary size in 18- and 24-month-old infants // *Infant Behaviour and Development*, 24 (2002).
- Lutchmaya et al. 2004 – *Lutchmaya S., Baron-Cohen S., Raggatt P., Knickmeyer R., Manning J.T.* 2nd to 4th digit ratios, fetal testosterone and estradiol // *Early Human Development*, 77 (2004).
- Manning 2002 – *Manning J.T.* Digit Ratio. A Pointer to Fertility, Behavior, and Health. New Brunswick: Rutgers University Press, 2002.
- Manning et al. 2000 – *Manning J.T., Barley L., Walton J., Lewis-Jones D.I., Trivers R.L., Singh D. et al.* The 2nd:4th digit ratio, sexual dimorphism, population differences, and reproductive success: Evidence for sexually antagonistic genes? // *Evolution and Human Behavior*, 21 (2002).
- Manning et al. 2001 – *Manning J.T., Baron-Cohen S., Wheelwright S., Sanders G.* The 2nd to 4th digit ratio and autism // *Developmental Medicine & Child Neurology*, 43 (2001).
- Manning et al. 2007 – *Manning J.T., Churchill A.J., Peters M.* The effects of sex, ethnicity, and sexual orientation on self-measured digit ratio (2D:4D) // *Archives of Sexual Behavior*, 36 (2007).
- Manning et al. 1998 – *Manning J.T., Scutt D., Wilson J., Lewis-Jones D.I.* The ratio of 2nd to 4th digit length: A predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen // *Human Reproduction*, 13 (1998).
- Martel et al. 2008 – *Martel M.M., Gobrogge K.L., Breedlove S.M., Nigg J.T.* Masculinized finger-length ratios of boys, but not girls, are associated with attention-deficit/ hyperactivity disorder // *Behavioral Neuroscience*, 122 (2008).
- Schwab 2010 – *Schwab F.* Lichtspiele – Eine Evolutionäre Medienpsychologie der Unterhaltung. Stuttgart: Kohlhammer, 2010.
- Shaw et al. 2012 – *Shaw A.Z., Kotowski M.R., Boster F.J., Levine T.R.* The effect of prenatal sex hormones on the development of verbal aggression // *Journal of Communication*, 62 (2012).
- Ulich, Mayr 2003 – *Ulich M., Mayr T.* SISMik. Sprachverhalten und Interesse an Sprache bei Migrantenkindern in Kindertageseinrichtungen. Freiburg: Herder, 2003.
- Ulich, Mayr 2006 – *Ulich M., Mayr T.* SELDAK. Sprachentwicklung und Literacy bei deutschsprachig aufwachsenden Kindern. Freiburg: Herder, 2006.
- Valla, Ceci 2011 – *Valla J.M., Ceci S.J.* 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 (2011).
- van der Meij et al. 2012 – *van der Meij L., Almela M., Buunk A.P., Dubbs S.,*

- Salvador A.* 2D:4D in men is related to aggressive dominance but not to sociable dominance // *Aggressive Behavior* 38 (2012).
- van Honk et al. 2011 – *van Honk J., Schutter D.J., Bos P.A., Kruijt A.W., Lentjes E.G., Baron-Cohen S.* Testosterone administration impairs cognitive empathy in women depending on second-to-fourth digit ratio // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108 (2011).
- Voyer 2010 – *Voyer D.* Time limits and gender differences on paper-and-pencil tests of mental rotation: A meta-analysis // *Psychonomic Bulletin and Review*, 18 (2010).
- Wakabayashi, Nakazawa 2010 – *Wakabayashi A., Nakazawa Y.* On relationships between digit ratio (2D:4D) and two fundamental cognitive drives, empathizing and systemizing, in Japanese sample // *Personality and Individual Differences*, 49 (2010).
- Williams et al. 2003 – *Williams J.H.G., Greenhalgh K.D., Manning J.T.* Second to fourth finger ratio and possible precursors of developmental psychopathology in preschool children // *Early Human Development*, 72 (2003).
- Wilson 1983 – *Wilson G.D.* Finger-length as an index of assertiveness in women // *Personality and Individual Differences*, 4 (1983).