SSOAR

Open Access Repository
www.ssoar.info

"GERDA": ein Informationssystem zur Hirnforschung mit dem Ziel der Aufarbeitung und Dekonstruktion von Geschlechterunterschieden

Schinzel, Britta; Schmitz, Sigrid

Veröffentlichungsversion / Published Version
Zeitschriftenartikel / journal article

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:
Verlag Barbara Budrich

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:
Schinzel, B., & Schmitz, S. (2001). "GERDA": ein Informationssystem zur Hirnforschung mit dem Ziel der Aufarbeitung und Dekonstruktion von Geschlechterunterschieden. *Freiburger FrauenStudien*, 11, 131-147. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-319517

Nutzungsbedingungen:
Dieser Text wird unter einer CC BY-SA Lizenz (Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de

Terms of use:
This document is made available under a CC BY-SA Licence (Attribution-ShareAlike). For more Information see: https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0

gesis Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Britta Schinzel/Sigrid Schmitz

„GERDA": Ein Informationssystem zur Hirnforschung mit dem Ziel der Aufarbeitung und Dekonstruktion von Geschlechterunterschieden

Zusammenfassung

Auf der Grundlage von neurobiologischem Basiswissen soll mit dem Informationssystem der aktuelle Wissensstand der geschlechtsbezogenen Hirnforschung in thematischen Wissensbereichen (kortikale Asymmetrie, Sprachverarbeitung, Motorik/Händigkeit, räumliche Informationsverarbeitung) aufgearbeitet und dargestellt werden. Befunde und Gegenbefunde sollen auf ihre methodische Validität hin überprüft und ggf. Verzerrungen in Vorausannahmen und Interpretationen von Forschungsergebnissen aufgezeigt werden. Der unhinterfragten Determination von Geschlechterunterschieden wird hiermit eine reflektierte Darstellung von Differenzen, Übereinstimmungen und interindividueller Variabilität gegenübergestellt. Mit einer Erweiterung auch auf nicht-biologische Studien und Theorien orientiert sich „GERDA – the gendered digital brain atlas"[1] umfassend an der für die Gender Studies wichtigen Frage, inwieweit sich neben und mit sozio-kulturellen Faktoren Geschlecht im Gehirn anatomisch und/oder funktionell abbildet. Dieses soll Gegenstand kritischer Überprüfung sein. Obwohl insgesamt die Variationen innerhalb eines Geschlechts wesentlich größer sind als zwischen den Geschlechtern, werden im allgemeinen Konsequenzen für genuin verschiedene kognitive Fähigkeiten, Kompetenzen, Einstellungen, Verhaltensweisen etc. abgeleitet.[2]

Bei der Auswahl des Wissens und dessen Aufbereitung sind mögliche Kriterien: eine Explikation von Vorannahmen und nicht-biologischen Interpretationen; wie kann das Problem der Validität behandelt werden, wie können Widersprüche aufgedeckt und Kontingenzen behandelt werden.

1. Hintergrund und Motivation auf der Basis feministischer Wissenschaftskritik,

worin der *nature-nurture*-Diskurs und seine Hintergründe diskutiert werden, sowie die Aufhebung der Sex-Gender-Trennung gefordert wird.

Plastizitätsmodelle als Alternativtheorien

Was bedeutet ein Befund, der in Gehirnen von Erwachsenen Strukturunterschiede oder differente Aktivierungsmuster zwischen Frauen und Männern bei bestimmten Aufgabenlösungen beschreibt? Ist er ein Beleg für die Natürlichkeit, die biologische Verankerung und im Extrem sogar der genetischen Determination eines solchen Unterschieds? Nur weil er sich in der biologischen Struktur widerspiegelt? Oder kann eine solche Strukturdifferenz selbst Ergebnis von Erfahrung, von sozialer und kultureller Konstruktion sein?

Entgegen der klassischen Sichtweise einer genetischen Determinierung von Strukturdifferenzen im Gehirn (*nature*), betrachtet die moderne Hirnforschung die Zusammenhänge zwischen Gehirn und Verhalten vor dem Hintergrund neuronaler Plastizität[3]. Die differenzierten Netzwerkeigenschaften (neuronale Dichte/synaptische Verschaltung) und spezifische Funktionalität (Aktivierungsprofile) des Gehirns entstehen in einem Wirkungsgefüge internaler (genetischer/endokrinologischer) und externaler (erfahrungsabhängiger/psycho-sozialer) Faktoren (*nurture*). Eine solche gegenseitige Bedingtheit lässt sich als bio-psycho-sozialer Ansatz der Differenzierung verstehen, wobei biologische und Umweltaspekte ständig wechselnde Impetus-Rollen übernehmen.

Diese Ansätze der Plastizitätsforschung eröffnen neue Sichtweisen auf die Ausbildung und lebenslange Modulation von Gehirnstrukturen. Plastizität des zentralnervösen Netzwerkes bedeutet, dass in Auseinandersetzung mit der Umwelt Gehirnstrukturen und ihre funktionellen Qualitäten durch erfahrungsabhängige Prozesse der Informationsverarbeitung, durch individuelle Lern- und Verhaltensstrategien lebenslang verändert und auf eben jene Außenfaktoren angepasst werden, innerhalb derer sie sich entwickeln.

Damit ist auch 'Sex' (in Gegenüberstellung zu 'Gender') nicht natürlich präformierte Entität. 'Sex' ist selber schon Konstruktion, ist durch kulturelle Faktoren 'gendered'. In diesem Sinne wird für keine der obigen Interpretationen, *nature* oder *nurture*, ein Ausschließlichkeitsbeweis zu führen sein. Aufgabe des Informationssystems soll es aber sein, die Benutzung des klassischen Sex-Begriffes (als biologisch determinierte Einheit) zu dekonstruieren und das an den konkreten Forschungsfeldern der Hirnforschung. Eine Entscheidung

über das Ausmaß biologischer bzw. kultureller Faktoren muss den NutzerInnen überlassen bleiben.

2. Aufbau und Struktur des Informationssystems

Das Projekt beinhaltet die Präsentation neurowissenschaftlicher Befunde zu möglichen Geschlechterdifferenzen im Gehirn in einem WWW-basierten Informationssystem. Diese Übersicht soll es den AnwenderInnen (Studierenden und WissenschaftlerInnen der Neurowissenschaften und Gender Studies sowie der interessierten Öffentlichkeit) erlauben, die Validität der neurowissenschaftlichen Befunde und ihre Einbindung in theoretische Konzepte und Interpretationszusammenhänge (z.B. *nature-nurture*-Diskurs) zu erkennen und kritisch zu beurteilen. Dabei sollen feministische Analysen der Geschlechterdifferenzforschung zu den bisherigen neurobiologischen Studien textuell und ggf. auch grafisch aufgearbeitet und dargestellt werden; d.h. im weiblichen Hirnatlas möchten wir – falls signifikant vorhanden – Geschlechterdifferenzen einerseits visualisieren und andererseits vergleichende Studien zu Geschlechterdifferenzen, z.B. im Hinblick auf ihre Methoden, kritisch bewerten. Dabei unterscheiden wir zwischen Wissen über Geschlechterunterschiede und wissenschaftstheoretischer Einordnung dieser Forschungsarbeiten zu Geschlechterunterschieden.

Um Vergleiche und Einordnungen auf wissenschaftstheoretischer Basis im Bereich der Geschlechterforschung zu ermöglichen, wollen wir Wissen über neurobiologische *Gender Studies* sammeln, aufbereiten und in einem Informationssystem repräsentieren. Aus Sicht feministischer Kritik ist unser Ziel, biologische und möglicherweise nicht-biologische implizite Grundannahmen in Forschungsprozessen, Interpretationen und bisherigen Darstellungen sichtbar zu machen. Dazu beabsichtigen wir, in Kooperation mit BiologInnen eine wissenschaftsimmanente Aufbereitung neuroanatomischer, genetisch-molekularbiologischer, neuro-endokrinologischer und neurophysiologischer Befunde durchzuführen.

Bei der informatischen Realisierung nutzen wir vorhandene Techniken und Standards wie z.B. Datenbanksysteme, HTML und computergrafische Methoden und entwickeln dort, wo sie zur benutzungsfreundlichen und adäquaten Repräsentation der neurobiologischen Inhalte ergänzungsbedürftig sind, auch neue Techniken.

Die Verwaltung des Datenbestandes erfolgt in verteilten, objekt-relationalen Datenbanken. Eine Neuentwicklung besteht darin, dass AnwenderInnen auf

zwei kombinierbare Arten nach Informationen suchen können (hybrides System): (a) durch *Navigation* in einem Hypertext, der durch Grafiken eines weiblichen Gehirns ergänzt wird, und (b) durch gezielte Formulierung von Anfragen (*Retrieval*); dabei sollen beide Möglichkeiten dieselbe Datenstruktur, einen Thesaurus nutzen, durch die inhaltliche Beziehungen zwischen Suchbegriffen festgelegt werden. Der Thesaurus erlaubt außerdem eine einheitliche Indizierung von Texten und Grafiken. Dies bietet gerade für den Bereich der Geschlechterunterschiede im Gehirn die Möglichkeit, Grafiken durch Texte zu ergänzen und damit der Gefahr vorzubeugen, dass Geschlechterunterschiede durch ihre grafische Darstellung als determiniert verstanden werden. Auf der informatischen Seite soll dabei die Verwaltung von weniger formalisiertem Wissen in Form von Hypertexten, stärker formalisiertem Wissen in Form des Thesaurus und stark formalisiertem Wissen in Form von Datenbanktabellen der Komplexität der Fragestellung gerecht werden. Dies ermöglicht zum einen eine leichte Änderbarkeit der weniger formalisierten Wissensanteile und zum anderen einen schrittweisen Übergang in Richtung stärkerer Formalisierung während der Entwicklung des Systems. Es erlaubt im Entwicklungsprozess des Gesamtsystems auch eine größere Flexibilität bei der Datenerfassung.

Die Ausgangsdaten zur Visualisierung des erwähnten weiblichen Gehirns werden über die Kooperation mit den Instituten für Neuroanatomie und Hirnforschung der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf sowie dem Institut für Medizin im Forschungszentrum Jülich (jeweils unter der Leitung von Professor Zilles) zur Verfügung gestellt. Aus diesen Daten sollen – mittels geeigneter Techniken – WWW-fähige, interaktive Grafiken zur Navigation und weiteren Recherche erzeugt werden. Um das digitalisierte Abbild eines weiblichen (Beispiel-)Gehirns und die zugehörigen WWW-fähigen Grafiken nicht nur als reine Informations- und Navigationshilfe nutzen zu können, sind weiter gehende Untersuchungen einzubinden. Beispielsweise lassen sich über die Visualisierung rein anatomischer Strukturen hinaus auch Ergebnisse über Stoffwechselprozesse bzw. Aktivierungsmuster aus funktionellen Magnet-Resonanz-Tomografie- (MRT) oder Positron-Emissions-Tomografie (PET)-Studien darstellen. Dabei muss stets geklärt werden, wie eine bildliche Präsentation von Befunden zu gestalten ist, damit Bilder die gewünschte Information einerseits in prägnanter Form wiedergeben, andererseits aber Geschlechterunterschiede möglichst nicht festschreiben, sondern – im Gegenteil – den BetrachterInnen gerade die große Variationsbreite des menschlichen Gehirns in all seinen Fassetten verdeutlichen.

Die informationstechnische Realisierung bringt – wie jede Mediatisierung – ihre eigenen Konstruktionen mit sich, etwa bei der Festschreibung durch die

bei der Formalisierung notwendige Abstraktion mit ihren Begleitern: Generalisierung und Abstreifen von Kontexten. Aber auch Außenfaktoren nehmen auf die Entwicklung eines solchen Informationssystems Einfluss, etwa durch subjektive Verstehenshintergründe, wertgeleitete Auswahl des Wissens nach bestimmten Kriterien oder zeitliche Einengung und Zeitmanagement. Mit solchen notwendigen oder kontingenten Einseitigkeiten soll möglichst bewusst und relativierend umgegangen werden.

Hirnatlanten

In den letzten Jahren sind eine Vielzahl von Hirnatlanten entwickelt worden. Nur ein Teil bisher entwickelter Atlanten und Visualisierungen des menschlichen Körpers ist über das WWW verfügbar. Dazu gehören das Projekt des *visible human*[4], in dem Daten eines weiblichen und eines männlichen Körpers erhoben und öffentlich zugänglich gemacht wurden und spezielle Applikationen zur Visualisierung dieser Daten entwickelt wurden, der Digital Brain Atlas[5], The Whole Brain Atlas (beide in Havard entwickelt) und die kommerziell erhältlichen Systeme Voxel-Man[6] und NeuroTutor[7].

Die genannten Hirnatlanten basieren zumeist auf genau einem untersuchten Gehirn und besitzen damit normativen Charakter. Die Schwierigkeiten, die aus biologischer und feministischer Sicht daraus entstehen können, wurden z.T. in Arbeiten von Schmitz[8] und Masanneck[9] bereits genannt.

3. Beispiele

Im Folgenden wollen wir anhand einiger Beispielthemen einen Eindruck vermitteln, mit welchen Aufgaben sich das geplante Informationssystem befassen soll. Wir gehen auf eine kurze kritische Reise durch einige Felder der Forschung zu Geschlecht und Gehirn. Wir ziehen einen Faden von der Struktur (Lateralität und Corpus Callosum), zu Struktur-Funktion (Aktivierungsmuster und Sprache) und zu Struktur-Funktion-Physiologie (Hormone und Fähigkeiten) in dem Netz, in dem die Naturalisierung der Geschlechterdifferenzen eingewoben wird.

Wie groß ist der Balken? – die Sache mit den zwei Hirnhälften

'Lateralität' ist eines der großen Schlagworte, das Forschung und Diskussion um Geschlecht und Gehirn in den letzten 30 Jahren geprägt hat. Es ist die Frage, ob und wie stark die beiden Hirnhälften auf die Bearbeitung unterschiedlicher Aufgaben spezialisiert sind, ob und wie stark sich die Geschlechter hinsichtlich dieser Spezialisierung unterscheiden. Stärkere Auftrennung, d.h. ausgeprägtere Asymmetrie der Funktionen, bedeutet stärkere Lateralität. Stärkere Zusammenarbeit zwischen den Hirnhälften, den Hemisphären, bedeutet geringere Lateralität.

Geprägt wurde der Begriff 'Lateralität' durch Roger Sperry, der bei *split-brain*-PatientInnen nach Durchtrennung des Balkens (zur Eindämmung epileptischer Symptome) der rechten Hemisphäre eine stärkere Spezialisierung für visuell-räumliche Verarbeitungsprozesse und der linken Hemisphäre eine prominente Stellung in der Sprachverarbeitung und bei rechnerisch logischen Aufgaben zuschrieb.[10] Gleichzeitig benötige die Bearbeitung mathematisch-logischer und geometrisch-räumlicher Aufgaben einen stärkere Lateraliät, wohingegen Sprachfunktionen von stärkerer Vernetzung profitieren sollen. Sperrys Schülerin Jerry Levi[11] stellte daraufhin eine Theorie zur Erklärung von Geschlechterunterschieden vor: bessere Leistungen männlicher Probanden in mathematischen und räumlichen Aufgaben verweisen auf eine ausgeprägtere Lateralität ihres Gehirns, bessere Sprachleistungen von Frauen untermauern eine geringere Lateralität. Umgekehrt argumentiert Doreen Kimura[12], stärkere Lateralität erkläre bessere Leistungen von Männern in geometrisch-räumlichen Aufgaben, geringere Lateralität erkläre bessere Leistungen von Frauen in sprachlichen Tests.[13] Die Problematik liegt in der ständigen gegenseitigen Begründung der Leistung durch Lateralität und der Lateralität durch Leistung.[14]

Zusammenarbeiten, Informationen austauschen und Vernetzung aufbauen können die beiden Hirnhälften nur über das Faserbündel des Corpus Callosum, des Balkens, der die beiden Hirnhälften verbindet. Der Balken wurde damit zum Lieblingskind der Geschlechterforschung, da hier nun eine strukturelle (und damit biologische, natürliche, unumstößliche?) Grundlage zur Beurteilung von Geschlechterunterschieden in der Asymmetrie der Hemisphären vorliege. Wieder stand ein unbewiesenes Paradigma im Hintergrund: Ein größeres oder voluminöseres Corpus Callosum enthalte mehr verbindende Fasern und erhöhe damit die Kommunikation zwischen den Hemisphären bzw. verringere die Lateralität.

Ausgangspunkt war eine Veröffentlichung 1982 in *Science* von Christine De Lacoste-Utamsing und Ralph Holloway.[15] Untersucht wurden 9 männliche und 5 weibliche Gehirne post mortem (ohne Angabe der Altersverteilung) und gefunden wurden Unterschiede in der maximalen Breite des hinteren Teils des Corpus Callosum, des so genannten Splenium. Die Länge des Balkens war nicht unterschiedlich. Die Gesamtoberfläche des hinteren Teils wies Vergröße-

rung bei Frauen auf, die jedoch mit einer Signifikanz von p=0,08 unter der wissenschaftlichen Konvention für eine Evidenz lagen und deren Bandbreite die der männlichen Gehirne nach unten und oben übertraf. Dessen ungeachtet bezeichneten die AutorInnen dies als deutlichen Hinweis auf ein voluminöseres Splenium bei Frauen. Die genaue Betrachtung der Befunde zeigt also Widersprüchlichkeiten auf, die im weiteren Verlauf der wissenschaftlichen Rezeption der Studie weitestgehend verschwinden. Sie wird häufig und prominent zitiert und dies meistens als Beleg für ein größeres Corpus Callosum von Frauen. Sie wird also 'benutzt', um eine bestimmte Sichtweise mit 'strukturellen, wissenschaftlich eindeutigen Befunden' zu 'beweisen'.

Eine Vielzahl von Studien hat sich derweil mit Größen-, Volumen-, Form- und Oberflächenunterschieden der verschiedenen Teile des Corpus Callosum beschäftigt. Eine ebenfalls häufig zitierte Studie von Sandra Witelson[16] findet keine Unterschiede im Splenium, sondern im davor gelegenen Teil des Balkens, dem Isthmus. Dies ist insofern interessant, als die Autorin zur gleichen Zeit gerade diejenigen Gehirnareale der seitlichen Großhirnrinde im Geschlechtervergleich untersucht, deren Faserverbindungen durch den Isthmus laufen. Ein größerer Isthmus (mit implizit mehr Fasern) bei Frauen passt daher gut zu ihren Befunden der höheren Neuronendichte von Frauen in den verbundenen Kortexarealen. Leider liegen aber auch genau gegenteilige Befunde zur stärkeren Faserdichte im Isthmus bei Männern vor.[17]

Ohne an dieser Stelle auf alle Aspekte der einzelnen Studien eingehen zu können (gerade dies wird Aufgabe des Informationssystems sein), bleiben Geschlechter-Effekte im Gesamtbild der Studien gering und widersprüchlich. Eine Reihe von Faktoren machen deutlich, dass die Beziehung zwischen Geschlecht und Corpus Callosum so einfach nicht ist, wenn sie denn überhaupt als primärer Zusammenhang existiert. So führen unterschiedliche Messtechniken zu unterschiedlichen Größenresultaten[18] und die hohe interindividuelle Variabilität macht direkte Geschlechtervergleiche problematisch.[19] Komplex werden die Beziehungen insbesondere durch überlagernde Zusammenhänge zwischen Händigkeit und Balkengröße.[20] Ein aktueller Diskussionsstrang geht davon aus, dass Geschlechterdifferenzen im callosalen Volumen nur ein Beiprodukt des unterschiedlichen Gehirnvolumens bzw. des Gehirngewichts seien[21], wobei auch hier wieder Gegenuntersuchungen von größerer Isthmus- oder Splenium-Ausprägung bei Frauen nach Volumenkorrektur berichten.[22]

Von besonderer Bedeutung sind unterschiedliche Zusammenhänge zwischen Altersentwicklung und Geschlecht in Bezug auf die Balkendifferenzierung. Am stärksten 'wächst' das Corpus Callosum in der Entwicklung zwischen 4 und 18 Jahren, ohne dass in dieser Entwicklungsphase Geschlechterdifferenzen festzustellen sind.[23] Während bei Männern das Callosum-Volumen mit 20 Jahren sein Maximum erreicht und danach leicht rückgängig ist, erreicht

der Balken im weiblichen Gehirn seine maximale Ausprägung erst mit 41-50 Jahren. Ein übliches 'Poolen' der Geschlechtsgruppen über verschiedene Altersspannen oder fehlende Angaben zu Altersspanne und Händigkeit bei post mortem-Untersuchungen könnten damit widersprüchliche Ergebnisse teilweise erklären.[24] Vor diesem Hintergrund lassen auch erfahrungsabhängige Veränderungen der callosalen Dicke (z.B. nach bimanuellem Training bei Musikern)[25] ganz neue Interpretationen der 'natürlichen' Strukturdifferenzen zu. Die Umweltoffenheit der Differenzierung interhemisphärischer Verbindungen lässt vielfältige Einflüsse individueller Erfahrungen vermuten, die sich während der Hirnentwicklung in der Struktur abbilden. Erst in der letzten Zeit werden jedoch Forderungen lauter, die Forschung zum Corpus Callosum einer wesentlich differenzierteren Analyse der Gender-Effekte nach externen Einflussfaktoren zu unterwerfen.

Offen bleibt an dieser Stelle, ob und wie groß die Unterschiede im Corpus Callosum zwischen den Geschlechtern sind oder nicht sind. Diese Frage soll gerade nicht beantwortet werden. Im Gegenteil, Aufgabe des Informationssystems soll es sein, die Befundlage und ihre Hintergründe so zu präsentieren, dass der/die NutzerIn sich selbst ein Bild machen und eine eigene Einschätzung finden kann.

Sprache und Gehirn

Aktuelle Schwerpunkte der neurowissenschaftlichen Forschung sind Analysen über strukturell-funktionelle Zusammenhänge im Gehirn und deren Wechselbeziehungen zu Prozessen der Informationsverarbeitung und Problemlösung, zu Verhaltens- und Lernstrategien und insgesamt zu kognitiven Leistungen. Ähnlich wie in der Diskussion um das Corpus Callosum geht es auch in der Forschung über Grundlagen der Sprachverarbeitung darum, wie Strukturunterschiede in bestimmten Hirnarealen und die spezifischen Aktivierungsmuster im Netzwerk dieser Hirnareale Geschlechterunterschiede in sprachlichen Leistungen erklären können.

Eine kritische Analyse muss hier Fragen auf verschiedenen Ebenen stellen: Welche Geschlechterunterschiede auf der Fähigkeitsebene werden postuliert? Welche Strukturen werden in den Fokus der Recherche genommen (und welche nicht)? Wie werden Fähigkeitstests mit Hirnanalysen kombiniert? Welche Schlussfolgerungen werden aus den Ergebnissen gezogen hinsichtlich natürlicher oder erworbener Fähigkeiten? Wird die Ebene der Plastizität der Hirnentwicklung einbezogen? Und welche Studien werden in der wissen-

schaftlichen Debatte wie häufig herangezogen bzw. welche Befunde werden ignoriert?

Geschlechterstereotype Zuschreibungen besserer Sprachfähigkeiten von Frauen sind mit Sicherheit differenziert zu betrachten. In der Gesamtheit sprachlicher Testkategorien sind Geschlechtereffekte gering und weisen in Meta-Analysen eine Reduktion zwischen 1972 und 1988 auf.[26] Bessere Testergebnisse von Frauen finden sich in Einzelaspekten der Sprachproduktion, insbesondere in der Verarbeitung und Reproduktion phonologischer und semantischer Information und im Wortfluss. Dagegen sind Befunde zum Leseverständnis, zur Analogiebildung und zum Wortschatz im Geschlechtervergleich widersprüchlich und weisen unterschiedliche Interaktions-Effekte zwischen Geschlecht und Altersentwicklung auf.[27]

Die modernen Methoden des Neuroimaging (fMRI und PET) verhelfen heute zu einer Verbildlichung von Aktivierung in spezifischen Hirnarealen bei definierten Aufgaben. Eine linksdominante Sprachverarbeitung ist bei rechtshändigen Personen allgemein festzustellen. Die Frage ist, wie stark sich solche Lateralitätseffekte in der Aktivierung im Geschlechtervergleich abbilden und ob die derzeitige '*mainstream*-Hypothese' einer ausgeprägteren Lateralität der Sprachverarbeitung bei Männern gegenüber einer stärkeren Bilateralität bei Frauen haltbar ist.[28]

Bei der Literaturrecherche, ob in populärwissenschaftlichen Zeitschriften oder in Hirn-Datenbanken im Internet, stoßen wir unter dem Stichwort Gender, Sprache und Neuroimaging (bis heute) fast ausschließlich auf ein Zitat. Das Ehepaar Shaywitz und MitarbeiterInnen[29] fand bei der Lösung phonologischer Sprachaufgaben (Reim-Erkennung) mit Hilfe von fMRI bei insgesamt 19 männlichen Probanden eine stärkere linksseitige Aktivierung im vorderen Hirnlappen (das hier angesprochene Broca-Areal ist prominent an der Sprachverarbeitung beteiligt), dagegen bei 11 von 19 Frauen eine ausgeprägtere beidseitige Aktivierung. Allerdings zeigt die ausführliche Dokumentation der Studie keine parallelen Leistungsunterschiede in den zugehörigen Sprachtests. Obwohl also Aktivierungsunterschiede und Testergebnisse nicht zusammenpassen, wird diese Studie weitläufig als erster Beleg für stärkere Bilingualität der generellen! Sprachverarbeitung bei Frauen gegenüber Männern immer wieder herangezogen, wobei weder nach betreffenden Kortexarealen noch nach verschiedenen Aspekten der Sprachtests differenziert wird.

Kaum zitiert werden dagegen PET-Studien zu vergleichbaren Lesetests, die zwar deutliche methodische Effekte (z.B. Testart, Testreihenfolge), aber keine Geschlechtereffekte in kortikalen Aktivierungsmustern feststellen oder andere, die sogar identische Muster bei Wortflüssigkeitsleistungen (dem deut-

lichsten Unterscheidungskriterium von Sprachleistungen im Geschlechtervergleich) fanden.[30] Julie Frost und MitarbeiterInnen nahmen in ihrer Untersuchung wesentlich mehr der an der Sprachverarbeitung beteiligten kortikalen Areale in den Fokus und heben gerade diejenigen hervor, in denen keine Aktivierungsunterschiede vorliegen.[31] Sie fordern folgerichtig, in Gender-Analysen den Übereinstimmungen ebensoviel Aufmerksamkeit zu widmen wie den Unterschieden.

Es lassen sich eine Reihe von Erklärungen für eine solch einseitige und verzerrte Rezeption diskutieren. Erstens passt der Befund von Shaywitz ins derzeitige '*mainstream*-Modell' zu Geschlechterunterschieden in strukturell-funktionellen Grundlagen der Sprachverarbeitung, d.h. geringerer Lateralität bei Frauen. Gleichzeitig passt er auch in den gängigen Modus der Unterschiedsforschung und der Naturalisierung solcher Unterschiede durch strukturell-funktionelle Verankerung, d.h. die biologischen Unterschiede im Gehirn bedingen unterschiedliche Fähigkeiten. Einzig Julie Frost spricht am Ende ihres Artikels (ganz kurz) die Möglichkeit an, dass strukturell-funktionelle Unterschiede im erwachsenen Gehirn auch das Ergebnis unterschiedlicher Erfahrungen (i. S. sprachlicher Praxis) sein können, die sich im Zuge der Entwicklung ins Gehirn einprägen, sprachliche Erfahrung also die Ursache und Gehirnstruktur bzw. Aktivierungsprofile Ergebnis sind, nicht umgekehrt.

Erst eine Gegenüberstellung aller Befunde über Unterschiede und Nicht-Unterschiede, der Abschätzung ihrer Relevanz (z.B. anhand von Probandenzahlen oder Effektstärken der Zusammenhänge), den Einschränkungen und Spezifitäten der Studien kann zu einer relevanten Einschätzung von Gender, Sprache und Gehirn führen.

...und die Hormone spielen natürlich auch mit

Wenn es um die Naturalisierung von Geschlechterunterschieden geht, dann lassen Erklärungen anhand der Geschlechtshormone nicht lange auf sich warten.

Das klassische Modell der *basic femaleness* ging davon aus, dass das 'männliche' Geschlechtshormon Testosteron die Bildung der männlichen Geschlechtsorgane induziert, wohingegen die Entwicklung der weiblichen Genitalien ohne Hormone ablaufen soll, also die *basic femaleness* sich 'einfach so' entwickle. In dieser Theorie begegnen wir zwei zentralen Begriffen, der Maskulinisierung und der Defeminisierung: Testosteron maskulinisiert das männliche und 'zu viel' Testosteron (z.B. im Falle des Androgenitalen Syndroms) defeminisiert das weibliche. Ein aktiver Prozess der Feminisierung wurde gar nicht erst angenommen, die weibliche Entwicklung folgt einem

default mechanism. Der gleiche Mechanismus wurde auch lange Zeit für die Gehirnentwicklung vermutet. Insbesondere die Lateralisierung und darauf aufbauend geschlechterunterschiedliche kognitive Fähigkeiten haben Geschwind und Galaburda[32] auf die Wirkung des Testosterons zurückgeführt. Obwohl ihr Modell und die zugrunde liegenden empirischen Studien mehrfach kritisiert wurden (insbesondere die Rückschlüsse von klinischen Fällen auf die Normalentwicklung) und obwohl eine detaillierte Analyse von Bryden u.a.[33] dieses Modell als unschlüssig und widersprüchlich aufdeckte, wird auf die Theorie der Testosteron-induzierten und damit maskulinisierten Lateralität vorwiegend Bezug genommen.

Nun hat sich in den letzten Jahren das Bild zunehmend gewandelt. Östrogen und Östrogen-Derivate, die 'weiblichen' Hormone, stellen sich als intensive 'Arbeiterinnen' während der Hirnentwicklung heraus. Sie induzieren Nervenvernetzung, wahrscheinlich sogar die Bildung von neuen Nervenzellen usf.[34] Bruce McEwen fasst 1999 aktuelle Befunde zu hormonabhängigen Geschlechterdifferenzen in Hirnstruktur und -funktionalität zusammen. Der Beitrag von ihm ist 'plastizitätsfreundlich', verweist er doch explizit auf die Bedeutung von Erfahrungseinflüssen in Entwicklung und im erwachsenen Gehirn, die mit genetischen und hormonellen Faktoren zusammenwirken, hebt er doch deutlich die Wirkung der Östrogene bei der neuronalen Organisation hervor. Diese Passagen lesen sich geradezu euphorisch hinsichtlich ihrer zukünftigen Bedeutung für die Forschungsrichtung. Dann fällt der Blick auf das Eingangsmodell zur hormonabhängigen Entwicklung mit folgender Erklärung:

> (...) Sex-determing genes promote the differentiation of the testes and testosterone secretion during embrionic, neonatal, peripubertal and adult life *masculinizes and defeminizes* the brain. Estrogene actions in the female brain activate functions that have *been allowed to develop in the absence of testosterone* (...).
> (Hervorhebungen durch Schmitz).

Erstaunlich ist die fehlende Sensitivität gegenüber der Widersprüchlichkeit zwischen seiner eigenen Darstellung der derzeitigen Befundlage und der Beibehaltung der alten Paradigmata und Begifflichkeiten. Solche Beispiele, in denen sich resistente Modelle gegenüber gegenteiligen Befunden in einer Arbeit behaupten (mit bisweilen abenteuerlich anmutenden Argumentationslinien: dem Östrogen wird erst in Abwesenheit des Testosterons erlaubt, zu wirken) sind kein Einzelfall und auch in den modernen Lehrbüchern zu finden. So wird einerseits die Bedeutung der Östrogene und des Progesteron in der weiblichen Hirnentwicklung berücksichtigt, aber dennoch das Paradigma der testosteroninduzierenden Wirkung, des aktiv männlichen Prinzips, beibehalten. Populärwissenschaftlich rezipiert und im öffentlichen Diskurs weitergetragen wird dann vorwiegend das alte Stereotyp! Jede/r Wissenschaftler/in in diesem

Bereich würde sich jedoch gegen eine solch 'vereinfachende' Darstellung wehren und darauf verweisen, dass das Ganze ja doch komplexer ist. Warum hält sich dann ein Stereotyp wie das der *basic femaleness* mit solcher Prägnanz? Die obige Erklärung beleuchtet sicherlich nur eine Fassette.

Ein anderer Fall: Gabriele Heister u.a.[35] haben 1989 in *Neuropsychologia* (einer angesehenen, häufig zitierten Zeitschrift) einen an sich revolutionären Befund publiziert. Die Gesichtserkennung, die bisher dominant der rechten Hirnhälfte zugeordnet wurde (ausgeprägte Lateralität), verschiebt sich bei Frauen im Verlauf des Menstruationszyklus von rechtshemisphärisch (Mensis) zu linkshemisphärisch (Prämensis). Damit stellten diese ForscherInnen das Prinzip der festgeschriebenen Lateralität in Frage. In der Konsequenz durchdacht bedeutet dies, dass infolge hormoneller Einflüsse Aktivierungsmuster im Gehirn kurzzeitig (im Verlauf von Wochen!) verändert werden. Es stellen sich daraus eine Reihe von Fragen und Implikationen. (A) Werden in diesen kurzen Zeiträumen auch Strukturen (eventuell in der neuronalen Verknüpfung) verändert und wenn ja, wie aussagekräftig sind dann Momentaufnahmen der Hirnstruktur (wie sie im Neuroimaging erstellt werden) für allgemeine Aussagen. (B) Werden nur Aktivierungsmuster geändert, und wenn ja wie aussagekräftig sind dann Aussagen über Struktur-Funktions-Zusammenhänge (s.o.). Das müsste doch eigentlich einen hochspannenden Impetus in die Forschungslandschaft eingebracht haben. Was finden wir? Nichts! Jenny Kein hat die Rezension dieser Arbeit 4 Jahre lang verfolgt und keine Zitierung gefunden[36]!

Der Befund wird also einfach ignoriert. Er passt überhaupt nicht in das Bild organisierender und geschlechterdualisierender Effekte der Hormone auf die Gehirnlateralisierung. Es gibt zwar in den letzten Jahren eine ganze Reihe von Arbeiten, die sich mit besseren oder schlechteren Leistungen von Frauen während des Zyklus als Folge von Östrogen- bzw. Progesteron-Einwirkungen beschäftigen, aber keine greift das Prinzip einer festgeschriebenen, geschlechterdifferenten Lateralität an.

Wiederum ist auch für diesen Themenbereich derzeit nicht eindeutig festzustellen (und wird es vielleicht auch nie sein), wie stark oder prägend hormonelle Einflüsse auf die Hirnstruktur sind, in welchem Ausmaß sie aktuelle Aktivierungsmuster beeinflussen und damit Verarbeitungsprozesse, kognitive Leistungen und Verhalten modulieren. Wichtig ist und bleibt aber weiterhin, reduktionistische Erklärungsmodelle aufzudecken und Widersprüche in der vorhandenen Befundlage zu solchen Modellen zugänglich zu machen. Hier besteht das größte Defizit, dass bestimmte Befunde einfach nicht erwähnt werden, dass Theorien – trotz ihrer Widerlegung – gebetsmühlenartig medial verbreitet und somit einer kritischen Beurteilung entzogen werden.

Anmerkungen:

1 Der ursprüngliche Name „Weiblicher Hirnatlas", provokativ gemeint, wurde nach intensiven Diskussionen durch dieses weibliche Akronym ersetzt.

2 Britta Schinzel/Eva Schletz (Hrsg.): *Geschlechterdifferenzen im Zentralen Nervensystem und ihre graphische Repräsentation und Wissensdarstellung*, Freiburg 1999 (IIG-Berichte; 1/99).

3 Zur Übersicht s. Bryan Kolb: *Brain Plasticity and Behavior*, New York 1995.

4 Michael J. Ackermann: „Accessing the Visible Human Project", in: *D-Lib Magazin*, October 1995, http://www.dlib.org./dlib/october95/10ackerman.html

5 R. Kikinis/M.E. Shenton/D.V. Iosifescu/R.W. McCarley/P. Saiviroonpron/H.H. Hokama/A. Robatino/D. Metcalf/C.G. Wible/C.M. Protas/R. Donnino/F.A. Jolesz: „A Digital Brain Altlas for surgical planning, model driven segmentation and teaching", in: http://splweb.bwh.havard.edu:8000/pages/papers/atlas/text.html

6 Karl-Heinz Höhne: „Phantastische Reisen durch den menschlichen Körper", in: *Spektrum der Wissenschaft* 04/1999, S. 54-62.

7 A. Luft/U. Drewes: *NeuroTutor: das Gehirn auf vernetzten Wegen. Version 2.0*, Stuttgart 1997.

8 Sigrid Schmitz: „Geschlechterdifferenzen im Zentralen Nervensystem zwischen Determination und Dynamik", in: Britta Schinzel/Eva Schletz (Hrsg.): *Geschlechterdifferenzen im Zentralen Nervensystem und ihre graphische Repräsentation und Wissensdarstellung*, Freiburg 1999 (IIG-Berichte; 1/99), S. 26-43.

9 Carmen Masanneck: „Das genormte Gehirn", in: *Tagungsband „Frauen in Naturwissenschaft und Technik"*, Mainz 1998.

10 Übersicht in Roger Sperry: „Some effects of disconnecting the cerebral hemisphere", in: *Science* 217 (1982), S. 1223-1226.

11 Jeri Levy: „Cerebral lateralization and spatial ability", in: *Behavior Genetics* 6 (1972), S. 171-188.

12 Doreen Kimura: „Sex differences in the brain", in: *Scientific American* 267 (1992), S. 118-125.

13 Zur Zirkularität dieser Argumentationen vgl. Sigrid Schmitz: „Gehirne und Geschlechter. Eine Expedition durch wissenschaftliche Gedankengebäude", in: *Koryphäe* 16 (1994), S. 19-25.

14 Zur kritischen Betrachtung der experimentalpsychologischen Forschung zur Lateralität vgl. Sigrid Schmitz: „Geschlechterdifferenzen im Zentralen Nervensystem zwischen Determination und Dynamik", in: Britta Schinzel/Eva Schletz (Hrsg.): *Geschlechterdifferenzen im Zentralen Nervensystem und ihre graphische Repräsentation und Wissensdarstellung*, Freiburg 1999 (IIG-Berichte; 1/99), S. 26-43.

15 Christine DeLacoste-Utamsing/Ralph Holloway: „Sexual dimorphism in the human corpus callosum", in: *Science* 216 (1982), S. 1431-1432.

16 Sandra Witelson: „Hand and sex differences in the isthmus and genu of the human corpus callosum. A postmortem morphological study", in: *Brain* 112 (1989), S. 799-835.

17 Francisco Aboitiz/Arnold Scheibel/Robin S. Fisher/Eran Zaidel: „Individual differences in brain asymmetries and fiber composition in the human corpus callosum", in: *Brain Research* 598 (1992), S. 154-161.

18 L.S. Allen/M.F. Richey/Y.M. Chai/R.A. Gorski: „Sex differences in the corpus callosum of the living human being", in: *Journal of Neuroscience* 11 (1991), S. 933-942.

19 Jay Giedd/J. Blumenthal/N. Jeffries/J. Rajapakse/A. Vaituzis/H. Liu/Y. Berry/M. Tobin/J. Nelson/F. Castellanos: „Development of the human corpus callosum during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study", in:

Progress in Neuro Psychopharmacology and Biological Psychiatry 23 (1999), S. 571-588.

20 M. Habib/D. Gayraud/A. Oliva/J. Regis/G. Salamon/R. Khalil: „Effects of handedness and sex on the morphology of the corpus callosum: a study with brain magnetic resonance imaging", in: *Brain and Cognition* 16 (1991), S. 41-61; Sandra Witelson/Charles Goldsmith: „The relationship of hand preference to anatomy of the corpus callosum in men", in: *Brain Research* 545 (1991), S. 175-182; Patricia Cowell/Andrew Kertesz/Victor Denenberg: „Multiple dimensions of handedness and the human corpus callosum", in: *Neurology* 43 (1993), S. 2353-2357.

21 Für Hirnvolumen s. Lutz Jäncke/Jochen Staiger/Gottfried Schlaug/Yanxiong Huang/Helmuth Steinmetz: „The relationship between corpus callosum size and forebrain volume", in: *Cerebral Cortex* 7 (1997), S. 48-56; für Hirngewicht s. Sandra Witelson: „Hand and sex differences in the isthmus and genu of the human corpus callosum. A postmortem morphological study", in: *Brain* 112 (1989), S. 799-835.

22 Helmuth Steinmetz/Jochen Staiger/Gottfried Schlaug/Yanxiong Huang/Lutz Jäncke: „Corpus callosum and brain volume in women and men", in: *Neuroreport* 6 (1995), S. 1002-1004; Christos Davatzikos/Susan Resnick: „Sex differences in anatomic measures of interhemispheric connectivity: correlations with cognition in women but not men", in: *Cerebral Cortex* 8 (1998), S. 635-640.

23 Jay Giedd u.a.: „Development of the human corpus callosum during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study", in: *Progress in Neuro Psychopharmacology and Biological Psychiatry* 23 (1999), S. 571-588.

24 Patricia Cowell/Laura Allen/Nadja Zalatimo/Victor Denenberg: „A developmental study of sex and age interactions in the human corpus callosum", in: *Brain Research. Developmental Brain Research* 66 (1992), S. 187-192.

25 Gottfried Schlaug/Lutz Jäncke/Yanxiong Huang/Jochen Staiger/Helmuth Steinmetz: „Increased corpus callosum size in musicians", in: *Neuropsychologia* 33 (1995), S. 1047-1055.

26 Diane Halpern: *Sex differences in cognitive abilities*, Hillsdale 1992; Janet Hyde/Marcia Linn: „Gender differences in verbal ability: A meta-analysis", in: *Psychological Bulletin* 104 (1988), S. 53-69.

27 Elaine Clark/Michael Gardner/Gail Brown/Robert Howell: „Changes in analogical reasoning in adulthood", in: *Aging Research* 16 (1990), S. 95-99.

28 Es gab im Laufe der Hirnforschung mehrfach wechselnde Paradigmen darüber, wessen Gehirn stärker lateralisiert sei. Auch aktuell gibt es Gegenhypothesen, z.B. von Dean Falk (*Yearbook of Phys. Anthropology* 30 (1987), S. 107-125) über Frauen mit zwei spezialisierteren Hirnhälften.

29 Bennet Shaywitz/Sally Shaywitz/Kenneth Pugh/Todd Constable/Pawel Skudlarski/Robert Fulbright/Richard Bronen/John Fletcher/Donald Shankweiler/Leonard Katz: „Sex differences in the functional organization of the brain for language", in: *Nature* 373 (1995), S. 607-609 (dies ist die prominent zitierte Kurzfassung); ausführlich wird die Studie vorgestellt in Kenneth Pugh/ Bennet Shaywitz/Sally Shaywitz/ Todd Constable/Pawel Skudlarski/Robert Fulbright/ Richard Bronen/Donald Shankweiler/ Leonard Katz/John Fletcher/Jack Gore: „Cerebral organization of component processes in reading", in: *Brain* 119 (1996), S. 1221-1238.

30 Randy Buckner/Markus Raichle/Steven Petersen: „Dissociation of human prefrontal cortical areas across different speech production tasks and gender groups", in: *Journal of Neurophysiology* 74 (1995), S. 2163-2173; Julie Frost/Jeffrey Binder/Jane Springer/Thomas Hammeke/Patrick Bellgowan/Steven

Rao/Robert Cox: „Language processing is strongly left lateralized in both sexes. Evidence from functional MRI", in: *Brain* 122 (1999), S. 199-208.

31 Eine ausführliche Darstellung findet sich in Sigrid Schmitz: „GERDA: A brain research information system for reviewing and deconstructing gender differences", in: Tagungsband *The Nature of Gender – The Gender of Nature*, Westdeutscher Verlag (inpress) 2001.

32 Norman Geschwind/Albert Galaburda: „Cerebral lateralization. Biological mechanisms, associations, and pathology", in: *Archives de Neurologie* 42 (1985), S. 428-459 u. 521-552.

33 M.P. Bryden/I.C. Mcmanus/M.B. Bulman-Fleming: „Evaluating the empirical support for the Geschwind-Behan-Galaburda model of cerebral lateralization", in: *Brain and Cognition* 26 (1994), S. 103-167.

34 Eine ausführliche Übersichtsarbeit von Roslyn Fitch/Victor Denenberg: „A role for ovarian hormones in sexual differentiation of the brain", in: *Behavioral and Brain Sciences* 21 (1998), S. 311-352, wird von fast allen führenden ForscherInnen auf diesem Gebiet in dieser renommierten Zeitschrift diskutiert, die auf diese Weise aktuelle Kontroversen dokumentiert.

35 Gabriele Heister/Theodor Landis/Marianne Regard/Peter Schroeder-Heister: „Shift of functional cerebral asymmetry during the menstrual cycle", in: *Neuropsychologia* 27 (1989), S. 871-880.

36 Jenny Kien: „Kritik an der Erforschung von Geschlechtsunterschieden im menschlichen Gehirn", in: Britta Schinzel/Eva Schletz (Hrsg.): *Geschlechterdifferenzen im Zentralen Nervensystem und ihre graphische Repräsentation und Wissensdarstellung*, Freiburg 1999 (IIG-Berichte; 1/99), S. 19-25.

Literatur:

Aboitiz, Francisco/Scheibel, Arnold/Fisher, Robin S./Zaidel, Eran: „Individual differences in brain asymmetries and fiber composition in the human corpus callosum", in: *Brain Research* 598 (1992), S. 154-161.

Ackermann, Michael J.: „Accessing the Visible Human Project", in: *D-Lib Magazine*, October 1995, http://www.dlib.org./dlib/october95/10ackerman.html

Allen, L.S./Richey, M.F./Chai, Y.M./Gorski, R.A.: „Sex differences in the corpus callosum of the living human being", in: *Journal of Neuroscience* 11 (1991), S. 933-942.

Bryden, M.P./Mcmanus, I.C./Bulman-Fleming, M.B.: „Evaluating the empirical support for the Geschwind-Behan-Galaburda model of cerebral lateralization", in: *Brain and Cognition* 26 (1994), S. 103-167.

Buckner, Randy/Raichle, Markus/Petersen, Steven: „Dissociation of human prefrontal cortical areas across different speech production tasks and gender groups", in: *Journal of Neurophysiology* 74 (1995), S. 2163-2173.

Clark, Elaine/Gardner, Michael/Brown, Gail/Howell, Robert: „Changes in analogical reasoning in adulthood", in: *Experimental Aging Research* 16 (1990), S. 95-99.

Cowell, Patricia/Allen, Laura/Zalatimo, Nadja/Denenberg, Victor: „A developmental study of sex and age interactions in the human corpus callosum", in: *Brain Research. Developmental Brain Research* 66 (1992), S. 187-192.

Cowell, Patricia/Kertesz, Andrew/Denenberg, Victor: „Multiple dimensions of handedness and the human corpus cal-

losum", in: *Neurology* 43 (1993), S. 2353-2357.

Davatzikos, Christos/Resnick, Susan: „Sex differences in anatomic measures of interhemispheric connectivity: correlations with cognition in women but not men", in: *Cerebral Cortex* 8 (1998), S. 635-640.

DeLacoste-Utamsing, Christine/Holloway, Ralph: „Sexual dimorphism in the human corpus callosum", in: *Science* 216 (1982), S. 1431-1432.

Fitch, Roslyn/Denenberg, Victor: „A role for ovarian hormones in sexual differentiation of the brain", in: *Behavioral and Brain Sciences* 21 (1998), S. 311-352.

Frost, Julie/Binder, Jeffrey/Springer, Jane/Hammeke, Thomas/Bellgowan, Patrick/Rao, Steven/Cox, Robert: „Language processing is strongly left lateralized in both sexes. Evidence from functional MRI", in: *Brain* 122 (1999), S. 199-208.

Geschwind, Norman/Galaburda, Albert: „Cerebral lateralization. Biological mechanisms, associations, and pathology", in: *Archives de Neurologie* 42 (1985), S. 428-459 u. 521-552.

Giedd, Jay/Blumenthal, J./Jeffries, N./Rajapakse, J./Vaituzis, A./Liu, H./Berry, Y./Tobin, M./Nelson, J./Castellanos, F.: „Development of the human corpus callosum during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study", in: *Progress in Neuro Psychopharmacology and Biological Psychiatry* 23 (1999), S. 571-588.

Habib, M./Gayraud, D./Oliva, A./Regis, J./Salamon, G./Khalil, R.: „Effects of handedness and sex on the morphology of the corpus callosum: a study with brain magnetic resonance imaging", in: *Brain and Cognition* 16 (1991), S. 41-61.

Halpern, Diane: *Sex differences in cognitive abilities*, Hillsdale 1992.

Heister, Gabriele/Landis, Theodor/Regard, Marianne/Schroeder-Heister, Peter: „Shift of functional cerebral asymmetry during the menstrual cycle", in: *Neuropsychologia* 27 (1989), S. 871-880.

Höhne, Karl-Heinz: „Phantastische Reisen durch den menschlichen Körper", in: *Spektrum der Wissenschaft* 04/1999, S. 54-62.

Hyde, Janet/Linn, Marcia: „Gender differences in verbal ability: A meta-analysis", in: *Psychological Bulletin* 104 (1988), S. 53-69.

Jäncke, Lutz/Staiger, Jochen/Schlaug, Gottfried/Huang, Yanxiong/Steinmetz, Helmuth: „The relationship between corpus callosum size and forebrain volume", in: *Cerebral Cortex* 7 (1997), S. 48-56.

Kien, Jenny: „Kritik an der Erforschung von Geschlechtsunterschieden im menschlichen Gehirn", in: Britta Schinzel/Eva Schletz (Hrsg.): *Geschlechterdifferenzen im Zentralen Nervensystem und ihre graphische Repräsentation und Wissensdarstellung*, Freiburg 1999 (IIG-Bericht 1/99), S. 19-25.

Kikinis, R./Shenton, M.E./Iosifescu, D.E./McCarley, R.W./Saiviroonpron, P./Hokama, H.H./Robatino, A./Metcalf, D./Wible, D.C./Protas, C.M./Donnino, R./Jolesz, F.A.: „A Digital Brain Altlas for surgical planning, model driven segmentation and teaching", in: http:// splweb.bwh.havard.edu:8000/pages/papers/atlas/text.html

Kimura, Doreen: „Sex differences in the brain", in: *Scientific American* 267 (1992), S. 118-125.

Kolb, Bryan: *Brain Plasticity and Behavior*, New York 1995.

Levy, Jeri: „Cerebral lateralization and spatial ability", in: *Behavior Genetics* 6 (1972), S. 171-188.

Luft, A./Drewes, U.: *NeuroTutor: das Gehirn auf vernetzten Wegen. Version 2.0*, Stuttgart 1997.

Masanneck, Carmen: „Das genormte Gehirn", in: *Tagungsband „Frauen in Naturwissenschaft und Technik"*, Mainz 1998.

Pugh, Kenneth/Shaywitz, Bennet/Shaywitz, Sally/Constable, Todd/Skudlarski, Pawel/Fulbright, Robert/Bronen, Richard/Shankweiler, Donald/Katz, Leonard/Fletcher, John/Gore, Jack: „Cerebral organization of component processes in reading", in: *Brain* 119 (1996), S. 1221-1238.

Schinzel, Britta/Schletz, Eva (Hrsg.): *Geschlechterdifferenzen im Zentralen Nervensystem und ihre graphische Repräsentation und Wissensdarstellung*, Freiburg 1999 (IIG-Berichte; 1/99).

Schlaug, Gottfried/Jäncke, Lutz/Huang, Yanxiong/Staiger, Jochen/Steinmetz, Helmuth: „Increased corpus callosum size in musicians", in: *Neuropsychologia* 33 (1995), S. 1047-1055.

Schmitz, Sigrid: „GERDA: A brain research information system for reviewing and deconstructing gender differences", in: Tagungsband *The Nature of Gender – The Gender of Nature*, Westdeutscher Verlag (inpress) 2001.

– „Geschlechterdifferenzen im Zentralen Nervensystem zwischen Determination und Dynamik", in: Britta Schinzel/Eva Schletz (Hrsg.): *Geschlechterdifferenzen im Zentralen Nervensystem und ihre graphische Repräsentation und Wissensdarstellung*, Freiburg 1999 (IIG-Berichte; 1/99), S. 26-43.

– „Gehirne und Geschlechter. Eine Expedition durch wissenschaftliche Gedankengebäude", in: *Koryphäe 16* (1994), S. 19-25.

Shaywitz Bennet/Shaywitz, Sally/Pugh, Kenneth/Constable, Todd/Skudlarski, Pawel/Fulbright, Robert/Bronen, Richard/Fletcher, John/Shankweiler, Donald/Katz, Leonard: „Sex differences in the functional organization of the brain for language", in: *Nature* 373 (1995), S. 607-609.

Sperry, Roger: „Some effects of disconnecting the cerebral hemisphere", in: *Science* 217 (1982), S. 1223-1226.

Steinmetz, Helmuth/Staiger, Jochen/Schlaug, Gottfried/Huang, Yanxiong/Jäncke, Lutz: „Corpus callosum and brain volume in women and men", in: *Neuroreport* 6 (1995), S. 1002-1004.

Witelson, Sandra: „Hand and sex differences in the isthmus and genu of the human corpus callosum. A postmortem morphological study", in: *Brain* 112 (1989), S. 799-835.

Witelson, Sandra/Goldsmith, Charles: „The relationship of hand preference to anatomy of the corpus callosum in men", in: *Brain Research* 545 (1991), S. 175-182.