

Das Gehirn einer Mutter

M. Spitzer, Ulm

Fragt man frisch gebackene Mütter danach, wie es ihnen mental so geht, dann hört man in aller Regel, dass man seinen Geist nach der Geburt erst einmal an den Nagel hängen kann: Zusammen mit der Anstrengung und dem Blutverlust unter der Geburt bewirkt vor allem der Schlafentzug zumindest rein subjektiv den Eindruck, dass dort, wo sich einmal das eigene Gehirn befand, jetzt nur noch eine Art Kartoffelbrei vorhanden ist. Man fühlt sich permanent abgeschlagen und müde, kann nicht richtig denken, leidet unter Konzentrationsstörungen und Desinteresse. Gäbe es Wochenbettdepressionen nicht auch bei Vätern (19), wäre man geneigt, sie samt und sonders auf das Konto „Kartoffelbrei im Kopf“ zu schieben.¹

Bekanntermaßen „verliert sich“ der Kartoffelbrei in den Monaten nach der Geburt allmählich wieder, natürlich nicht zuletzt in Abhängigkeit vom Temperament des kleinen Erdenbürgers. Man nahm bislang an, dass sich die neue Mutter schlicht an ihre Aufgaben gewöhnt bzw. ihre neuen „Mutterinstinkte“ zum Tragen kommen. Tierexperimentelle Studien und neuerdings auch Untersuchungen am Menschen zeigen jedoch, dass hier mehr im Spiel ist als das sprichwörtliche Gewohnheitstier: Vieles spricht dafür, dass im Gehirn einer Frau, die gerade Mutter geworden ist, *aktive Neu- und Umbauprozesse* stattfinden, die als eine Art neurobiologische Antwort des Frauengehirns auf die neue Existenzweise als Mutter verstanden werden können.

Seit den 70er-Jahren ist bekannt, dass die hormonellen Schwankungen während des weiblichen Zyklus auch zu Schwankungen psychologischer Leistungen führen und dass Östrogene und Progesteron letztlich die geistige Leistungsfähigkeit verbessern können. Tierversuche hatten damals

zudem schon gezeigt, dass nicht nur eine ereignisreiche Umgebung zum Wachstum des Gehirns (mehr synaptische Verbindungen, das heißt, eine größere Dichte der Dendriten und mehr dendritische Dornen) führt, sondern auch eine Periode der Trächtigkeit (6, 20).

Rein subjektiv haben Frauen nach der Geburt meist den Eindruck, dass dort, wo sich einmal das eigene Gehirn befand, jetzt nur noch eine Art Kartoffelbrei vorhanden ist.

Mittels standardisierter Tests wurde später bei Ratten gefunden, dass Trächtigkeit und Mutterschaft Lern- und Gedächtnisprozesse *verbessert* (10, 13, 14, 17). Verglichen wurden hierbei Tiere, die zwei Perioden der Trächtigkeit und zwei Würfe hinter sich hatten mit nulliparen weiblichen Ratten gleichen Alters. Dass es nicht „die Hormone“ allein sind, die diesen Effekt verursachen, zeigten weitere Experimente, die eine dritte Gruppe mit weiblichen Ratten enthielten, die Jungtiere aus dem Wurf einer anderen Ratte aufzogen. Diese „Adoptivmütter“ wiesen im Gedächtnistest nahezu die gleichen und statistisch nicht signifikant von den biologischen Müttern verschiedenen Verbesserungen auf.

Mütterliches Verhalten setzt bei Nagern zudem die Intaktheit des Hypothalamus (genauer: des medialen präoptischen Areals im Hypothalamus) voraus, da dessen Zerstörung praktisch jegliches mütterliches Verhalten zum Erliegen bringt. Umgekehrt führt das Einbringen der Schwanger-

schaftshormone Östrogen und Progesteron zu einem vermehrten Auftreten mütterlichen Verhaltens (15, 16).

Kinsley und Mitarbeiter (11, Übersetzung durch den Autor) schreiben als Schlussbemerkung ihrer im Fachblatt *Nature* publizierten Studie an Ratten das Folgende: „Der mit der Reproduktion einhergehenden beachtlichen Neuroplastizität, die den nachfolgenden Verhaltensänderungen zugrunde liegt, wurde bislang wenig Aufmerksamkeit geschenkt, insbesondere was die Zeiträume der späten Schwangerschaft und des Wochenbetts anbelangt. Betrachtet man die Beziehung zwischen einer Mutter, die sich um ihre Nachkommen kümmert, nur in einer Richtung, vernachlässigt man die potenziell reiche Menge an sensorischen Reizen, die in die andere Richtung gehen und die Umwelt der Mutter erheblich bereichern können. Indem sie die Mutter mit entsprechenden Reizen versorgen, sichern die Kleinen Entwicklung und Überleben sowohl ihrer selbst als auch ihrer Mütter.“²

Wie im Folgenden dargestellt wird, zeigen neue Studien, dass man auch uns Menschen in die Liste der Spezies aufnehmen kann, für die das gilt. Eine Gruppe amerikanischer Wissenschaftler von der Yale University sowie der University of Michigan (9) untersuchte insgesamt 19 Mütter im durchschnittlichen Alter von 33 Jahren zu zwei Zeitpunkten im Magnetresonanztomografen: ein erstes Mal 2 bis 4 Wochen nach der Geburt und ein zweites Mal 3 bis 4 Monate nach der Geburt. Der zeitliche Abstand der beiden Scans betrug im Mittel 77 Tage. Alle Frauen waren verheiratet oder fest gebunden, gebildet (mittlere Ausbil-

¹ Man kann das auch wissenschaftlicher formulieren: Eine reine kognitiv-defizitäre Verursachung maternaler postpartaler affektiver Störungen aufgrund einer durch postpartale Anämie, Erschöpfung und belastende Umweltfaktoren bedingten Verminderung motivationaler und attentionaler Ressourcen ist im Lichte der Tatsache, dass postpartale subdepressive Zustände auch beim männlichen Geschlecht zu verzeichnen sind, eher unwahrscheinlich. Ebenfalls unwahrscheinlich sind aus meiner Sicht die Ergebnisse mancher Studien, die überhaupt keine Veränderungen kognitiver Fähigkeiten während Schwangerschaft und Stillzeit beim Menschen nachweisen konnten (4, 5).

² „Little attention has been paid to the remarkable neural plasticity that is inherent in reproduction itself and that underlies the subsequent behavioural changes, particularly those unique to late pregnancy and the postpartum period. To consider the relationship of a mother caring for her young as unidirectional disregards the potentially rich set of sensory cues in the opposite direction that can enrich the mother's environment. By providing such stimuli, the pups may ensure both their own and their mother's development and survival.“

Nervenheilkunde 2011; 30: 269–272

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Dr. Manfred Spitzer
Universitätsklinikum Ulm
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie III
Leimgrubenweg 12–14, 89075 Ulm

© Schattauer 2011

Nervenheilkunde 4/2011

dungszeit 18,5 Jahre), entstammten der ansässigen weißen Bevölkerung, hatten gerade ein gesundes Kind geboren (10 Jungen, neun Mädchen; in 11 Fällen war es das erste Kind) und stillten es. Zum Zeitpunkt der ersten MR-Untersuchung wurde ferner ein halbstrukturiertes Interview zum subjektiven Erleben der Elternschaft und des Säuglings (*Yale Inventory of Parental Thoughts and Actions – Revised; YIPTA-R*) durchgeführt.

Das Gehirn junger Mütter wächst nach der Geburt!

Die strukturellen Daten aus dem MR-Scanner – hoch auflösende anatomische Gehirnbilder – wurden mittels voxelbasierter Morphometrie, einem Verfahren zum computerisierten Vergleich von Bildstrukturen, analysiert und statistisch aufgearbeitet. Das wesentliche Ergebnis der Studie bestand darin, dass in verschiedenen Bereichen des Gehirns eine Zunahme des Volumens der grauen Substanz nachgewiesen werden konnte. Das Gehirn junger Mütter wächst also nach der Geburt!

Umgekehrt zeigte sich bei keiner einzigen Gehirnstruktur eine Abnahme der Größe. Betrachtete man das Wachstum im einzelnen, so zeigte sich die größte Zunahme des Volumens, jeweils beidseits, im superebenen und inferioren Parietallappen, Präcuneus, medialen frontalen Gyrus, Gyrus cinguli sowie im Gyrus postcentralis ($p < 0,001$). Ebenfalls beidseits wuchs das Volumen weiterhin hoch signifikant im Hypothalamus, Substantia nigra, Nucleus caudatus und den Corpora mamillaria ($p < 0,001$), sowie im superebenen, mittleren und inferioren präfrontalen Kortex, dem Gyrus präcentralis (links $p < 0,001$; rechts $p < 0,005$) sowie der Insel (links $p < 0,005$; rechts $p < 0,05$). Jeweils rechts kam es im Thalamus ($p < 0,001$) und Parahippocampus ($p < 0,05$) zu einer Volumenzunahme (► Tab. 1).

Mit anderen Worten: **Das Arbeitsgedächtnis und die exekutive Kontrolle nehmen ebenso zu wie die Fähigkeit zur Selbstkontrolle und zur Fehlerkorrektur sowie zur Regulation eigener Emotionen. Das Baby ist für die Mutter ein nahezu unerschöpflicher Quell taktiler Sinnesreize**

(nicht nur umgekehrt!) und daher wächst auch der Bereich des Gehirns, der diese verarbeitet (Gyrus postcentralis). Der Umgang mit dem Baby ist ein sehr körperbetonter, weswegen auch die Insel, der Bereich für Körpergefühle, beidseits an Größe zunimmt. Vom wohligen Glucksen bis unsäglich lautem Schreien macht ein Baby jede Menge Geräusche, was zum Wachstum der entsprechenden Bereiche führt, und nicht zuletzt bleiben die neuen Erfahrungen der Mutter im Gedächtnis, was wiederum den Gyrus parahippocampalis wachsen lässt.

Alle Mütter halten praktisch überall ihr Baby auf dem linken Arm. Dann liegt das Köpfchen in der Nähe des Herzens und das Kind hört den Herzschlag der Mutter am besten. Weil es diesen schon seit einigen Monaten vor der Geburt gehört hat und kennt, wirkt dies beruhigend, was Mütter ganz offensichtlich intuitiv (bzw. durch implizites Lernen) erfassen und ihr Kind links tragen. Visuelle, akustische und taktile Signale von der linken Körperseite werden im rechten Thalamus vorverarbeitet und an den Cortex weitergeleitet, was das gefunde-

Tab. 1 Gehirnwachstum bei Müttern im Zeitraum von 2 bis 4 Wochen bis 3 bis 4 Monaten nach der Geburt (nach Daten aus 9, Table 1).

Seite	Region	Größenzunahme (Voxel)	p (korrigiert)	Interpretation
L, R	Lobus parietalis sup. & inf., Präcuneus; Gyrus frontalis med., Gyrus cinguli; Gyrus postcentralis	154 783	< 0,001	Arbeitsgedächtnis, sensorische Integration Fehlerkorrektur und Affektregulation; Verarbeitung taktiler Sinnesreize
L, R	Hypothalamus, Substantia nigra, Nucleus caudatus, Corpora mamillaria	12 822	< 0,001	Hormonelle Regulation; Motivation und Bewegungssteuerung Gedächtnisprozesse
R	Amygdala, Putamen, Globus pallidus med. & lat.; ant. Gyrus cinguli; Gyrus parahippocampalis; Insula			Emotionen Belohnungssystem und Bewegungssteuerung Kognitive Kontrolle Gedächtnisprozesse Körpergefühle
R	Gyrus frontalis med.; Gyrus präcentralis	2 166	< 0,005	Arbeitsgedächtnis; exekutive Funktionen Motorik
R	Gyrus frontalis sup. & med.	6 192	< 0,005	Arbeitsgedächtnis; exekutive Funktionen
R	Thalamus	5 778	< 0,001	Vorverarbeitung linksseitiger taktiler, visueller und akustischer Sinnesreize
L	Gyrus temporalis sup. Insula	2 859	< 0,005	Akustische Wahrnehmung; Körpergefühle
R	Insula	1 036	< 0,05	Körpergefühle
R	Gyrus parahippocampalis	178	< 0,05	Gedächtnisprozesse

ne Wachstums des rechten Thalamus un-
schwer erklärt.

Von besonderem Interesse ist die Tatsache, dass eine **signifikante Korrelation ($p < 0,01$) zwischen den positiven kindbezogenen mütterlichen Gedanken einerseits und dem Wachstum von Gehirnbereichen, die für die Kontrolle von Emotionen, Motivation und Motorik zuständig sind** (Hypothalamus, Amygdala, Substantia nigra) besteht. Mit anderen Worten: **Je verliebter die jungen Mütter drei Wochen nach der Geburt in ihr Baby waren, desto mehr Wachstum zeigte sich in emotional-motivationalen Strukturen ihres Gehirns etwa zweieinhalb Monate später.** Man hatte ja mittels des Fragebogens von den Müttern in der 3. oder 4. Woche nach der Geburt wissen wollen, wie sie ihr Kind sehen. Diejenigen, die ihr Kind z. B. für „ganz besonders“, „wunderschön“, „perfekt“ hielten, wiesen ein besonders starkes Wachstum derjenigen Areale auf, die mit mütterlicher Motivation, Belohnung und Emotionsregulation in Verbindung gebracht werden. Positive Gedanken zur Elternschaft hatten demgegenüber keinen Einfluss auf das Gehirnwachstum.

Diese Ergebnisse lassen sich durchaus mit denen funktioneller Bildgebungsstudien zu romantischer und mütterlicher Liebe in Verbindung bringen (2, 3, 12). In einer Übersicht beschreibt Bartels deren Versuchsaufbau wie folgt: „Den Probanden

Je verliebter die jungen Mütter etwa drei Wochen nach der Geburt in ihr Baby waren, desto mehr Wachstum zeigte sich in motivationalen Strukturen ihres Gehirns etwa zweieinhalb Monate später.

und Probandinnen wurden Passbilder ihrer Partner sowie dreier guter Bekannter präsentiert, während ihre Hirnaktivität gemessen wurde. Die Bekannten waren so ausgewählt, dass sie den Probanden eng vertraut und mindestens ebenso lange bekannt waren wie ihr Liebespartner. [...] Die Studie über mütterliche Liebe war ähnlich aufgebaut. Die jungen Mütter betrachteten die Bilder ihrer eigenen Kinder sowie die der gleichaltrigen Kinder ihrer besten Freundinnen“ (1).

Beim Betrachten des eigenen Kindes kam es zu einer Aktivierung des Beloh-

nungssystems, also des ventralen Striatums, des Nucleus accumbens und der Substantia nigra, dessen Aktivierung mit Erlebnissen des Glücks und mit hoher Motivation zur Nähe einhergeht. Zudem wurde eine Aktivierung im Bereich der Insel beidseits verzeichnet und mit angenehmen Körpergefühlen in Verbindung gebracht.

Man braucht zur Erforschung der Reaktion des Gehirns von Müttern auf ihre Kinder übrigens nicht unbedingt Passfotos. Ganz ähnliche Ergebnisse wurden auch dann gewonnen, als man frisch gebackenen Müttern Babygeschrei im Scanner vorspielte (12).

Dass diese Ergebnisse aus Bildgebungsstudien auch mit entsprechenden Verhaltensänderungen einhergehen, zeigt beispielsweise eine Studie zum Erkennen von Emotionen in Gesichtern an 101 Frauen in der Frühschwangerschaft, von denen 76 kurz vor der Geburt nochmals untersucht werden konnten. Es zeigte sich eine *Verbesserung* der Erkennensleistung für Bedrohung signalisierende (das heißt, Angst, Wut oder Ekel ausdrückende) Gesichter in der späten Schwangerschaft, was als evolutionärer Anpassungsvorgang interpretiert wird (18).

Mütter sind besondere Wesen. Sie lieben ihr Kind bedingungslos (7), opfern sich in vielfacher Hinsicht für es auf, geben ihr Letztes, damit es dem Kind gut geht. Bartels und Zeki (3, Übersetzung durch den Autor) beschreiben die mütterliche Liebe wie folgt: „Die zarte Intimität und Selbstlosigkeit der Liebe einer Mutter für ihr Kind nimmt eine einzigartige und erhabene Stellung im menschlichen Verhaltensrepertoire ein. Ähnlich wie romantische Liebe, mit der sie eng zusammenhängt, stellt sie eine der stärksten Motivationen für menschliche Handlungen dar und wurde über die Jahrhunderte in der Literatur, Kunst und Musik als eine der schönsten und inspirierendsten Manifestationen menschlichen Verhaltens gefeiert.“³

³ „The tender intimacy and selflessness of a mother's love for her infant occupies a unique and exalted position in human conduct. Like romantic love, to which it is closely linked, it provides one of the most powerful motivations for human action, and has been celebrated throughout the ages – in literature, art and music – as one of the most beautiful and inspiring manifestations of human behavior.“

Evolutionsbiologisch ist die mütterliche Liebe einfach zu verstehen: Von Müttern, die sich nicht so verhalten haben, stammen wir nicht ab! Aber abgesehen von dieser ultimativen Verursachung (*ultimate cause*) kann man auch die Frage stellen, welche Mechanismen im einzelnen (*proximate causes*) dafür verantwortlich sind, dass ein entsprechendes Verhalten an den Tag gelegt wird. Hier war man bislang nicht weit über den „Mutterinstinkt“ hinausgekommen, der wissenschaftlich etwa so gut belegt ist wie der „Mannschaftsgeist“ im Fußball: Man weiß so etwa, wovon die Rede ist, aber man fragt nicht, wie viele Tore er geschossen hat.

Entzaubert werden durch diese Forschung weder die Mütter noch das Phänomen der Mutterschaft.

Die moderne Gehirnforschung hat erst damit begonnen, sich dieses Problems anzunehmen. Selbstverständlich braucht es Replikationsstudien, Studien an größeren und unterschiedlichen Gruppen, nicht nur die üblichen rechtshändigen gebildeten jungen Vertreter der weißen Mittelschicht. Wie auch immer, zusammen mit den bereits vorliegenden Ergebnissen bei anderen Spezies legen diese Befunde nahe, dass **die tiefgreifenden Veränderungen im Leben einer Mutter werdenden Frau von ebenso tiefgreifenden Veränderungen in deren Gehirn begleitet werden, die von manchen Autoren als Konstruktion eines mütterlichen Gehirns bezeichnet werden** (11). Ein solcher Gehirnumbau würde auch die unklare Datenlage im Hinblick auf die geistigen Leistungen von Frauen nach der Geburt ihres ersten Kindes erklären: Wird vor oder nach dem Umbau gemessen, zeigen sich keine Effekte oder Verbesserungen in den Leistungen. *Während* des Umbaus jedoch ist die Funktion (wie beim Umbau eines Hauses auch) eingeschränkt. Jede Frau, die schon einmal geboren hat, weiß um den eingangs erwähnten „Kartoffelbrei“ im Kopf, in einer Reihe von Studien zeigte er sich jedoch nicht, wie eine Metaanalyse von 14 diesbezüglicher Studien gezeigt hat (8). Diese Studie ergab zudem einen weiteren Hinweis auf die Ursache der Inkonsistenz zwischen den Studien sowie zwischen den relativ eindeutigen subjektiven Erfahrun-

gen der meisten Mütter und der zweideutigen wissenschaftlichen Datenlage: Nicht alle geistigen Funktionen sind vom Umbau gleichermaßen betroffen. Vielmehr **betrifft der Umbau eher frontale Bereiche des Gehirns und damit Funktionen wie Arbeitsgedächtnis, Planung und zielgerichtetes Handeln sowie emotionale Regulationsfähigkeit.**

Last but not least gilt Folgendes: Wenn man die Konstruktion von etwas verstanden hat, versteht man auch besser, was dabei alles schief gehen kann und worauf man achten muss, damit dies nicht passiert. Damit wird die Bedeutung der angeführten Studien für unser Fachgebiet klar, denn diese Erkenntnisse könnten zu neuen Strategien führen, dysfunktionale Mutterschaft (und alles dadurch verursachte Leid beim Kind) wirksam zu behandeln. Entzaubert werden durch diese Forschung weder die Mütter noch das Phänomen der Mutterschaft. Ganz im Gegenteil: Je besser man die Natur kennt, desto mehr gerät man über deren Einfallsreichtum ins Staunen!

Literatur

1. Bartels A. Die Liebe im Kopf. Über Partnerwahl, Bindung und Blindheit. In: Spitzer M, Bertram W (Hrsg.). *Hirnforschung für Neu(ro)gierige* 2010, 76–106.
2. Bartels A, Zeki S. The neural basis of romantic love. *NeuroReport* 2000; 11: 3829–3834.
3. Bartels A, Zeki S. The neural correlates of maternal and romantic love. *NeuroImage* 2004; 21: 1155–1166.
4. Christensen H, Leach LS, Mackinnon A. Cognition in pregnancy and motherhood: prospective cohort study. *British Journal of Psychiatry* 2010; 196: 126–132.
5. Crawley RA, Dennison K, Carter C. Cognition in pregnancy and the first year post-partum. *Psychol Psychother* 2003; 76: 69–84.
6. Diamond MC, Johnson RE, Ingham C. Brain Plasticity induced by environment and pregnancy. *Int J Neurosci* 1971; 2: 171–178.
7. Fromm E. *Die Kunst des Liebens*. München: DTV 2010.
8. Henry JD, Rendell PG. A review of the impact of pregnancy on memory function. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 2007; 29: 793–803.
9. Kim P, Leckman JF, Mayes LC, Feldman R, Wang X, Swain JE. The plasticity of human maternal brain: Longitudinal changes in brain anatomy during the early postpartum period. *Behavioral Neuroscience* 2010; 124: 695–700.
10. Kinsley CH, Madonia L, Gifford GW, Tureski K, Griffin GR, Lowry C, Williams J, Collins J, McLearn H, Lambert KG. Motherhood improves learning and memory: Neural activity in rats is enhanced by pregnancy and the demands of rearing offspring. *Nature* 1999; 402: 137–138.
11. Kinsley CH, Meyer EA. The construction of the maternal brain: Theoretical comment on Kim et al. *Behavioral Neuroscience* 2010; 124: 710–714.
12. Lorberbaum JP, Newman JD, Horwitz AR, Dubno JR, Lydiard RB, Hamner MB, Bohning DE, George MS. A potential role for thalamocingulate circuitry in human maternal behavior. *Biological Psychiatry* 2002; 51: 431–445.
13. Macbeth AH, Gautreaux C, Luine VN. Pregnant rats show enhanced spatial memory, decreased anxiety, and altered levels of monoaminergic neurotransmitters. *Brain Res* 2008; 1241: 136–147.
14. Macbeth AH, Scharfman HE, MacLusky NJ, Gautreaux C, Luine VN. Effects of multiparity on recognition memory, monoaminergic neurotransmitters, and brain-derived neurotrophic factor (BDNF). *Horm Behav* 2008; 54: 7–17.
15. Numan M. Motivational systems and the neuronal circuitry of maternal behavior in the rat. *Developmental Psychobiology* 2006; 49: 12–21.
16. Numan M, Stolzenberg DS. Medial preoptic area interactions with dopamine neural systems in the control of the onset and maintenance of maternal behavior in rats. *Frontiers in Neuroendocrinology* 2009; 30: 46–64.
17. Paris JJ, Frye CA. Estrous cycle, pregnancy, and parity enhance performance of rats in object recognition or object placement tasks. *Reproduction* 2008; 136: 105–115.
18. Pearson RM, Lightman SL, Evans J. Emotional sensitivity for motherhood: late pregnancy is associated with enhanced accuracy to encode emotional faces. *Horm Behav* 2009; 56: 557–563.
19. Spitzer M. *Der Blues der Väter*. *Nervenheilkunde* 2010; 29: 579–582.
20. Woolley CS, Gould E, Frankfurt M, McEwen BS. Naturally occurring fluctuations in dendritic spine density on adult hippocampal pyramidal neurons. *J Neurosci* 1990; 10: 4035–4039.