

„Pas de Deux“ im Mutterleib

Über die mögliche Bedeutung der mütterlichen Herzaktivität für die Ausbildung der kindlichen Wahrnehmungs- und Interaktionsfähigkeit

Sabine Weller und Otwin Linderkamp

Warum habe ich den Begriff „Pas de Deux“ für diesen Artikel gewählt? Ein „Pas de Deux“ bezeichnet im Ballett eine besondere Art des Paartanzes, in dem ein ganzer Reigen an menschlichen Empfindungen zwischen zärtlicher Hingabe, Annäherung und Zurückweisung in einem endlos wirkenden Strom fließender Bewegungen tänzerisch dargestellt wird. Optisch besticht es durch die synchronen Bewegungsabläufe beider Partner, die mit großer zeitlicher und räumlicher Präzision durchgeführt werden und dadurch einen Gesamteindruck von hoher Perfektion vermitteln. Dies setzt – neben langem Training – ein sehr gutes aufeinander Abgestimmt-Sein voraus. Beide Partner müssen sich auf eine einheitliche Körpersprache einigen und einem gemeinsamen Rhythmus folgen. Um dies zu erreichen, braucht es eine Abstimmung auf ein gemeinsames zeitliches Maß, das als Orientierung für die gleichmäßig gegliederten Bewegungen und die periodischen Wechsel in den Abläufen dienen kann.

Eine Reihe wissenschaftlicher Arbeiten legen nahe, dass sich die Fähigkeit zur zeitlichen Abstimmung bereits vorgeburtlich und in einem sozialen Kontext mit der Mutter entwickelt. Der Artikel zeigt, welche zeitlichen Referenzen dem Ungeborenen für die Entwicklung der Abstimmungsfähigkeit zur Verfügung stehen, und welche Bedeutung der soziale Kontext bei der Ausbildung der hierfür notwendigen, biologischen Voraussetzungen haben kann.

Die Bedeutung von Zeit für interaktionelle Prozesse

Die Bedeutung des Faktors Zeit für interaktionelle Prozesse erschließt sich am leichtesten, wenn man „Interaktion“ von verschiedenen Perspektiven aus betrachtet, deshalb hier ein Überblick über meine Verwendung des Begriffs: Der größte Teil zwischenmenschlicher Interaktion dient dem Ziel, Eindrücke und Gefühle zu teilen. Die Entwicklung der kommunikativen

Kompetenz beginnt damit, Interaktionssituationen zu initiieren, um in einem späteren Entwicklungsschritt zu lernen, korrekte Zeichensequenzen zu generieren (linguistische Kompetenz) (Tomasello 2011).

Der Begriff „Interaktioneller Prozess“ kann auch angewandt werden auf Abstimmungsprozesse zwischen Organen im Körper. Sie kommunizieren biochemisch auf dem Blut- oder Lymphweg oder auf bioelektrischem Wege entlang von Nervenbahnen. Auch zwischen den Zellen, zwischen Zellen und Interzellularraum, sowie innerhalb einer Zelle zwischen den einzelnen Zellbestandteilen findet reger Austausch statt. Die biologischen „Sprachen“ sind vielfältig, sie dienen jedoch alle einem gemeinschaftlichem Ziel: Dem Wohl des Menschen. Obwohl jede dieser Interaktionsebenen unabhängig voneinander betrachtet und untersucht werden kann (zumindest theoretisch), sind sie hinsichtlich ihrer Funktion eng miteinander verknüpft. Bei der Gestaltung von Interaktionen auf physiologischer Ebene spielen häufig Rhythmen von Bio-Oszillatoren (z. B. Herzrhythmus, Atemrhythmus, hormoneller Rhythmus des Zyklus der Frau etc.) eine bedeutende Rolle, denn sie eignen sich als zeitliche Matrix für Verständigungsprozesse.

Warum Zeit für die Wahrnehmung wichtig ist

Für eine Kommunikation mit der Umwelt braucht es die Fähigkeit, Informationen aus der Umwelt wahrnehmen zu können. Hierfür stehen dem Menschen die Sinne zur Verfügung. So dient beispielsweise der Gehörsinn der Aufgabe, Laute aus der Umgebung zu erfassen und ihre Eigenschaften zu evaluieren (Lautstärke, Richtung und ggf. Bewegung, etc.). Physikalisch betrachtet ist ein akustischer Reiz eine Schalldruckschwingung. Zellen in unserem Ohr sind in der Lage, die Eigenschaften dieser Schalldruckschwingungen anhand ihrer Frequenzen (Tonhöhe) und Amplituden (Lautstärke) zu analysieren. Die Frequenz einer Schwingung ergibt sich aus der Anzahl der Schwingungen innerhalb einer Sekunde. Töne bestehen aus einfachen sinusförmigen Schwingungen, während sich Klänge aus mehreren, harmonisch zusammenklingenden Schwingungsfrequenzen ergeben. Schwingen eine Vielzahl von Schalldruckwellen disharmonisch miteinander, wird dies als Geräusch erlebt. Die akustische Wahrnehmungsfähigkeit basiert demzufolge auf einer exakten Analyse der temporalen Eigenschaften von akustischen Stimuli.

Auch das visuelle System nutzt die zeitliche Dimension: Die Wahrnehmung optischer Reize basiert auf Veränderungen in den visuellen Reiz-

mustern. Bewegungen werden als Veränderungen in den optischen Reizmustern entlang einer Zeitachse registriert. Während stete Veränderungen für eine fortlaufende Reaktivierung in den Netzhautzellen sorgen, löst ein statisches Ereignis nur eine einmalige Aktivität in den Netzhautzellen aus. Fehlt ein nachfolgender Reiz, verblasst das Reizmuster innerhalb kurzer Zeit. Die Verarbeitung visueller Reize erfolgt in Stufen: Zuerst werden Lichtmuster anhand von Merkmalen wie Farbe, Orientierung, Größe und stereoskopischer Abstand extrahiert, auf einer späteren Verarbeitungsstufe wird das Objekt samt seiner Umgebung identifiziert. Gesehenes oder Gehörtes wird also als Reizmuster wahrgenommen und neuronal in Form von veränderten elektrischen Impulsmustern kodiert an das Gehirn zur weiteren Verarbeitung weitergeleitet. Unsere Sinne sind daher im Prinzip organismische Instrumente zur Analyse von zeitlichen Änderungen. (Lugmair 2006)

Alle unsere Sinne (Geruchssinn, Sehsinn, Berührungssinn, ...) nehmen unentwegt Informationen auf. Die aus Geruchsmolekülen, Photonen, Berührungsreizen usw. bestehenden Informationen regen Sinneszellen an, die dann die Information in elektrische Impulse überführen, um sie schließlich entlang der Nervenbahnen an das Gehirn weiterzuleiten. Das klingt einfach, ist auf zellulärer und molekularer Ebene jedoch komplizierter. So hängt zum Beispiel die Frage, ob eine Zelle einen Reiz wahrnimmt oder nicht, davon ab, wie hoch die Reizschwelle dieser Zelle eingestellt ist. Diese wiederum steht in Beziehung zur vorhandenen Menge notwendiger Überträgerstoffe oder der Anzahl an Rezeptoren, die den Überträgerstoffen als zelluläre Zielstruktur dienen, um ihre Informationen überliefern zu können. Viele Rezeptoren werden gleichzeitig von verschiedenen Botenstoffen genutzt. Dies ermöglicht eine Feinsteuerung von zellulären Vorgängen, die dem Organismus erlauben, sich an aktuelle Umgebungsbedingungen anzupassen. Neben den biochemischen Kommunikationswegen gibt es weitere Mechanismen, die die Aktivierung einer einzigen Zelle beeinflussen. Vieles davon ist noch immer unerforscht.

Bekannt ist, dass ein ausreichend starkes Signal die zelluläre Reizschwelle überschreitet und an der Zelle eine elektrische Entladung auslöst. Auf Zellebene gibt es daher die Reaktionsmöglichkeiten „feuern“ oder „nicht feuern“. Über eine gleichzeitige Erregung mehrerer Zellen oder über die Herstellung einer synchronen Aktivität innerhalb von Zellverbänden („gemeinsames Feuern“) kann die Information verbreitet werden (und irgendwann auch ins Bewusstsein gelangen). Eine Synchronisierung der Aktivität in Zellverbänden gelingt nur, wenn ein gemeinsamer Rhythmus gefunden wird. Aus der Perspektive eines einzelnen Neurons bedeutet dies,

dass es einen Mechanismus geben muss, der es ihm ermöglicht, das Aktivitätsmuster anderer Zellen zu erkennen und seine Aktivität an die anderer Zellen anzupassen. Damit ein gemeinsamer Rhythmus zustande kommt, müssen manche Zellen folglich ihre Aktivität erhöhen oder reduzieren. Kurzfristig ist dies molekular über den Entladungsmoment der Zelle möglich, mittel- und langfristig kann die Erregungsausbreitung auch über die Veränderung der Leitungsgeschwindigkeit entlang der Nervenbahn reguliert werden. Dies geschieht über die Bildung einer abschnittswisen Isolierschicht (Myelinschicht) um die Nervenfasern. Die elektrische Erregung wird dann nicht mehr direkt entlang der Nervenfasern geleitet, sondern springt von Abschnitt zu Abschnitt, wodurch die Reizleitung deutlich beschleunigt wird.

Der Beginn der Myelinisierung und die endgültige Dicke der Isolierschicht sind abhängig vom Durchmesser der zu ummantelnden Nervenbahn. Der Durchmesser der Nervenbahn wird von seiner Beanspruchung beeinflusst. Die neuronale Funktion resultiert daher aus der Interaktion zwischen genetischer Anlage (Neurogeneration) und externer Impulssetzung (Feinadjustierung). Die Umgebungsbedingungen sind daher relevant für die Entwicklung und die Ausreifung der neuronalen Strukturen. Weil die Funktion der Sinne auf den Verarbeitungskapazitäten der neuronalen Strukturen aufbauen, beeinflussen die Umweltbedingungen, die während der Zeit der Entwicklung und Ausreifung dieser Strukturen herrschen, auch die spätere Wahrnehmungs- und Interaktionsfähigkeit.

Die Bedeutung des vagalen Systems für die Interaktionsfähigkeit

Untersuchungen zeigen, dass der Zustand des autonomen Nervensystems und die emotionale Befindlichkeit abhängig voneinander sind (Butler et al. 2006). Interessanterweise haben Nervenzellen, die bedeutsame Funktionen der Kommunikation regulieren (z. B. Muskeln des Auges, des Gehörs, des Gesichts, der Stimm- und Lautbildung sowie der Kopfhaltung) und Einfluss auf Mimik, Gestik, Vokalisation und Kopfposition nehmen, dasselbe Quellgebiet im Stammhirn wie Nervenfasern, die Funktionen des Herzens, der Atmung, der Bauch- und Reproduktionsorgane beeinflussen. Auf diese Weise besteht eine autonom gesteuerte Verbindungsachse zwischen physiologischen Funktionen wie z. B. der Herzaktivität und dem kommunikativen System. Zumeist wird von einer Zweigliedrigkeit des autonomen Nervensystems (ANS) ausgegangen. Steven Porges postuliert ein dreigliedriges System, wonach das ANS neben dem sympathischen System noch aus ei-

nem *nicht-myelinisierten vagalen* sowie aus einem *myelinisierten vagalen* Anteil besteht. Seiner *Social Engagement Theory* (Porges 2003) zufolge ist das Verhalten eines Menschen in sozialen Situationen im Zusammenhang mit dem Zustand des ANS zu sehen: Werden die Umgebungsbedingungen als sicher eingeschätzt, dominiert der myelinisierte vagale Anteil des parasympathischen Systems über die beiden anderen, ihm nachgeordneten Systeme, das *sympathische System* und das *nicht-myelinisierte vagale System*. Ist der myelinisierte Vagusanteil aktiviert, befindet sich der Mensch in einem ausgeglicheneren Zustand, in dem er sich der Nahrungsaufnahme, der Reproduktion und der Kommunikation widmen kann. Fühlt sich der Mensch bedroht, verringert sich der Einfluss des vagalen Systems und die Aktivierung des sympathischen Systems tritt in den Vordergrund. Es sorgt für die Bereitstellung von Energie, um der Herausforderung über Kampf- oder Fluchtverhalten begegnen zu können. Da die heutigen Bedrohungen und Gefahren eher sozialer Natur sind, sind Flucht oder Kampf als soziales Verhalten meist nicht angemessen, vielmehr sind Verhandlungsgeschick und Diplomatie gefragt. Die Fähigkeit, konstruktiv zu kommunizieren, zuzuhören und dem Gegenüber Aufmerksamkeit zu schenken, erfordert ein vagales System, dessen Funktion nicht eingeschränkt ist, damit die Sympathikusaktivität bei Erregungszuständen aktiv gedrosselt werden kann. Durch unzureichende Ausreifung oder Überlastung des Systems kann es zu einer kompensativen Steigerung des sympathischen Systems kommen, für das die regulative Kapazität des myelinisierten vagalen Systems dann nicht mehr ausreicht. Ist es einmal so weit, versagt die physiologische Erregungshemmung durch das vagale System und die Aktivierung des sympathischen Systems bleibt dominant. Eine Dauererregung oder traumatische Erlebnisse können zu einem völligen Zusammenbruch des sympathischen Systems führen. Dem Organismus steht dann nur noch der basale, *nicht-myelinisierte parasympathische Anteil* des autonomen Nervensystems zu Verfügung. Auf der Verhaltensebene äußert sich dies in einem Schockzustand mit völligem Rückzug aus der Interaktion; Dissoziation und Desorientierung sind kennzeichnend für diesen Zustand des seelischen „Shut-Down“.

Vorgeburtliche Entwicklung des Gehirns

Die fetale Hirnentwicklung wird meist in vier Phasen eingeteilt (s. Übersicht bei Linderkamp et al. 2009). Sie beginnt etwa vier bis fünf Wochen nach der Konzeption mit der Zellteilung und Wanderung (Migra-

tion) unreifer Nervenzellen (Neuronen) zu den einzelnen Hirnschichten und -regionen (5 bis 20 Wochen nach der Konzeption), gefolgt von der strukturellen Entwicklung des Cortex und Differenzierung der Neuronen (22 bis 34 Wochen). Mit 24 Wochen beginnt die Organisation des neuronalen Netzwerks (Bildung der Nervenfasern und Synapsen, individuelle Anpassung durch Elimination von Neuronen und Verbindungen) und setzt sich während der gesamten Kindheit fort. Die Myelinisierung der Nervenfasern beginnt im letzten Schwangerschaftsdrittel und endet erst im jungen Erwachsenenalter.

Diese Entwicklungsphasen erklären, warum sich die kognitiven und emotionalen Fähigkeiten von Kindern und Erwachsenen wesentlich unterscheiden. Für die Reife des autonomen Nervensystems ist die Myelinisierung von ausschlaggebender Bedeutung. Da diese Phase der neuronalen Reifung besonders spät beginnt, reift auch der für das „soziale Kontaktsystem“ (Porges u. Furman 2011) wichtige myelinisierte Vagus relativ spät. In dieser frühen Zeit überwiegen daher die Funktionen des nicht myelinisierten Vagus und Sympathikus, so dass unkontrolliertes Verhalten schnell die Oberhand gewinnen kann. Kinder sind daher ihren Ängsten vor Bedrohung und Gefahr weit stärker ausgeliefert als Erwachsene.

Die vorgeburtliche Entwicklung des vagalen Nervensystems

Erste Strukturen des Quellgebiets der *nicht-myelinisierten Fasern* des vagalen System (dorsaler motorischer Nukleus) sind – wenngleich noch unreif und nicht ausdifferenziert – ab der 9. Schwangerschaftswoche (SSW) darstellbar. Die Unterkerne des dorsalen motorischen Nukleus, einschließlich des kardio-motorischen Kerns, sind ab der 23. SSW klar abgrenzbar. Die vollständige Ausreifung dieser Strukturen ist mit der 28. SSW abgeschlossen (Porges et al. 2011; Trevarthen 2010).

Das *myelinisierte vagale System* mit seinem Ursprung im Nukleus ambiguus gilt als Hauptkomponente des parasympathisch gesteuerten kardioinhibitorischen Systems. Die ersten Neuronen dieses Systems erscheinen im Nukleus ambiguus zwischen der 8. und 9. SSW, vollständig ausgefüllt ist er Mitte der 12. SSW (Brown 1990). Die aus diesem Quellgebiet entspringenden Nervenfasern werden von der 23. SSW an, wenn ihre faserartigen Fortsätze in etwa ihren endgültigen Durchmesser erreicht haben, linear zunehmend bis zur 40. SSW myelinisiert (Pereyra et al. 1992; Sachis et al. 1982). Die Myelinisierung von Nervenbahnen verläuft unterschiedlich. Die Hirnnerven, die zuständig sind für unsere Sinnesleistungen, werden zu ei-

nem guten Teil schon während der Schwangerschaft myelinisiert, während die motorischen Nervenbahnen, die für gezielte motorische Bewegungsabläufe gebraucht werden, ihre Myelinschicht erst in den ersten Monaten bis Jahren nach der Geburt erhalten. Die Funktionsfähigkeit der Nervenbahnen ist daher eng mit dem Prozess der Myelinisierung verbunden.

Auswirkung von Stress auf die pränatale Entwicklung

Die Ausreifung der neuronalen Strukturen kann durch pränatalen Stress empfindlich gestört werden (Linderkamp et al. 2009). So zeigen Ergebnisse der pränatalen Stressforschung, dass der ungeborene Organismus länger anhaltenden Stress mit einer dauerhaften Verstärkung der sympathischen Aktivität beantwortet. Gleichzeitig reift das vagale System zunächst zwar schneller, bleibt aber am Ende der Schwangerschaft hinter seiner vollen Kapazität zurück (Govindan et al. 2007; Schneider et al. 2006). Als Erklärung wird angenommen, dass die ständige Erregung des Organismus aufgrund von Stress oder Angst endokrine, immunologische und autonome Prozesse modulatorisch verändert. Fetaler Stress entsteht in der Regel durch mütterlichen Stress, der zu vermehrter Produktion von Stresshormonen der Mutter führt. Die Stresshormone können direkt in den Fetus übergehen oder durch Auswirkungen auf uterine Funktionen (z. B. Durchblutung, Sauerstoffangebot) auf das ungeborene Kind einwirken (Arck et al. 2006). In der Folge beeinflusst dies die embryonale und fetale Entwicklung des Babys (Glover et al. 2008). Die Effekte auf die Entwicklung können sich sowohl durch Modulierung der strukturellen und funktionellen Hirnentwicklung als auch durch Veränderung der pränatalen Programmierung auf die Hirnfunktion auswirken, ohne nachweisbare strukturelle Veränderungen oder Funktionsstörungen während der Entwicklung (Schwab 2009). Ebenso lassen sich Veränderungen des fetalen Verhaltens und der fetalen autonomen Aktivität als Reaktion auf mütterlichen Stress vorgeburtlich nachweisen (DiPietro et al., 2003). Die vagale Kapazität kann also schon bei der Geburt eingeschränkt sein, wenn die zugrundeliegenden Reifungsprozesse durch ungünstige pränatale Umgebungsbedingungen beeinträchtigt sind.

Frühes soziales Verhalten in Abhängigkeit von der Funktion des vagalen Systems

Wenngleich ein Neugeborenes in seiner Bereitschaft zur Kontaktaufnahme nicht wählerisch scheint, räumt es seiner eigenen Mutter durchaus eine Vorrangstellung ein: Ihre Stimme hört das Neugeborene lieber als die Stimme jeder anderen Person (DeCasper u. Fifer 1980). Diese Bevorzugung der mütterlichen Stimme lässt sich bereits im letzten Drittel der Schwangerschaft beobachten (Kisilevsky et al. 2009). Bemerkenswerterweise sind Ungeborene nur dann in der Lage, zwischen der Stimme der Mutter und der Stimme einer Fremden zu unterscheiden, wenn sich ihr autonomes Nervensystem gerade in einem parasympathisch dominierten Zustand befindet (Smith et al. 2007).

Die kindliche Regulationsfähigkeit in Abhängigkeit von der Funktion des vagalen Systems der Mutter

Aus der postnatalen Säuglingsforschung ist bekannt, dass die emotionale Befindlichkeit des Kindes über die Mutter reguliert wird (Conradt u. Ablow 2010; Pauen 2006). Das heißt, die Mutter unterstützt die noch unreife kindliche Regulationsfähigkeit über ihr Verhalten. Indem sie ihr Verhalten auf den inneren Zustand ihres Kindes abstimmt, erlaubt sie ihm, auf einer physiologischen Ebene seinen Erregungsgrad zu steuern. Die Ergebnisse der Forschung zeigen auch, dass nicht alle Mütter gleichermaßen fähig sind, sensitiv auf ihr Kind einzugehen. Der Zustand ihres autonomen Nervensystems, respektive die Ausprägung ihrer vagalen Aktivität, bestimmt darüber, inwieweit es ihr möglich ist, sich ihrem Baby einfühlsam zuzuwenden (Moore et al. 2009). Dieser Zusammenhang erklärt, warum sich Kinder von Müttern mit hohem vagalen Tonus schneller von stressigen Situationen erholen als Kinder von Müttern mit niedrigem vagalen Tonus (Ham u. Tronick 2006).

Studien aus der Bindungsforschung belegen, dass Kinder eine zugewandte, liebevolle Betreuungspersonen brauchen, die ihren Einsatz nicht auf eine rein physische Versorgung beschränken, sollen sie in ihrer Entwicklung nicht hinter ihren Möglichkeiten zurück bleiben. Die Frage liegt nun nahe, ob diese kindliche Regulationsfähigkeit nicht schon vorgeburtlich durch die mütterliche Hinwendung zum Ungeborenen beeinflusst wird?

Humane Neugeborene sind für ihr Überleben auf die Versorgung durch ihnen zugeneigte Mitmenschen angewiesen. Kontakt aufnehmen zu können, ist für ein Neugeborenes daher überlebenswichtig. Es liegt infolgedessen nahe, dass jegliche vorgeburtliche Entwicklung letztlich diesem Ziel dient. Früher ging man davon aus, dass diese Fertigkeiten genetisch angelegt sind und sich daher programmartig entwickeln, unabhängig von äußeren Einflüssen. Neueren Erkenntnissen zufolge stimmt diese Annahme jedoch nicht: Sogenannte epigenetische Prozesse erlauben es dem Organismus, sich an die Erfordernisse jener Umgebungsbedingungen anzupassen, in der das Individuum lebt oder leben wird. Diese Strategie bietet der Spezies einen wesentlichen Überlebensvorteil, da der Mensch sehr unterschiedliche Bedingungen auf der Welt vorfindet. Auf die vorgeburtlichen Entwicklungsprozesse bezogen setzt dies voraus, dass der sich entwickelnde Organismus Informationen darüber erhält, welche Umgebungsbedingungen ihn nach der Geburt erwarten werden. Doch auf welche Weise kann sich ein Ungeborenes über seine Umgebungsbedingungen informieren?

Pränatale Informationsquellen

Als Informationsquelle steht dem Ungeborenen in erster Linie der mütterliche Organismus zur Verfügung. Die Formen der Botschaften sind vielschichtig und vielseitig. Die werdende Mutter kann sich ihrem Kind zuwenden, es ignorieren oder bereits vorgeburtlich misshandeln (z. B. durch Zigaretten-, Drogen-, Alkoholmissbrauch) (Condon 1986) und die vermittelten Signale reichen von verhaltensbezogenen (z. B. Tagesgestaltung), biochemischen (z. B. Botenstoffe), bis hin zu physikalischen Informationen (z. B. intrauterine Geräusche, Bewegungen, Druck durch Muskeltonus). Diese Informationen sind nicht statisch, sondern variieren – entsprechend der Befindlichkeit und der Lebensgestaltung der Mutter. Ein Ungeborenes ist seiner Mutter näher als es ein anderer Mensch je sein kann. Sie lässt ihr Ungeborenes an ihrer Befindlichkeit teilhaben, ob sie will oder nicht. Für das „Verstehen“ der mütterlichen Botschaften braucht das Ungeborene keinen Kortex, denn anhand der physiologischen „Sprache“ ihres Körpers kann es ihr „seelisches Klima“ in sich aufnehmen und ihre „Mitteilungen“ auf einer molekularen und zellulären Ebene verwerten. Das autonome Nervensystem stellt dabei ein „physiologisches Bindeglied“ zwischen Körper, Geist und Seele dar. Es dient dem Organismus, in Interaktionsprozessen mit der Umwelt ein relativ konstantes inneres Gleichgewicht zu bewahren oder wieder zu erlangen. Jeder psychische innere Zustand wird demnach

auch im Zustand des autonomen Nervensystems gespiegelt. Über Messungen der Herzaktivität (EKG) lassen sich Rückschlüsse auf den Zustand des sympathischen und vagalen Anteils des autonomen Nervensystems ziehen, denn die Tätigkeit des Herzens wird über das autonome Nervensystem reguliert. Die kardiale Aktivität des mütterlichen Herzens könnte insofern eine bedeutsame Informationsquelle für das ungeborene Kind sein, das sich so auf einer sehr basalen Ebene einen Eindruck über die Welt draußen und das mütterlichen Beziehungsangebot im Speziellen verschaffen kann.

Die Sprache des Herzens

Das mütterliche Beziehungsangebot reduziert sich nicht auf die Ebene ihres Verhaltens und ihrer Handlungen: Es gibt viele Kanäle, über die wir unsere Befindlichkeit und innere Haltung ausdrücken. Manche Kanäle sind sichtbar, wie beispielsweise der Ausdruck des Blickes, der Mimik oder der Körperhaltung. Andere erschließen sich aus den physiologischen Konsequenzen, die unser Befinden auf körperlicher Ebene reflektieren. Hierzu gehören Aspekte der Vokalisierung, der Atmung und des Muskeltonus. Wir sind uns dessen nicht bewusst, dennoch bieten wir dem Gegenüber auf diese Weise eine Vielzahl von Hinweisen auf unsere Befindlichkeit. Auch die kardiale Aktivität ist eng mit unserer Befindlichkeit verknüpft. Im Sprachgebrauch sind wir uns des Zusammenhangs zwischen Befindlichkeit und Herzaktivität seit langem bewusst: Sätze wie „Mir bleibt das Herz stehen“, „Sie hat mir das Herz gebrochen“ oder „Da hüpfte das Herz“ zeugen davon.

Sehr interessant ist in diesem Zusammenhang, dass sich Gefühle wie Ärger und Wut oder Zugewandtheit und Wertschätzung mit spezifischen Herzschlagmustern in Verbindung bringen lassen: Während Ärger und Sorgen ein unkoordiniertes, chaotisches Muster erzeugen, erzeugen Gefühle wie Wertschätzung und Dankbarkeit ein harmonisches, auch *kohärent* genanntes Herzschlagmuster (McCarty et al. 1995) (Abb. 1).

Dieses kohärente Muster reflektiert die Aktivität des vagalen Systems und ergibt sich, wenn die Atemzyklen und die Herztätigkeit in einen gemeinsamen phasenbezogenen Rhythmus eintreten. Diese Synchronisierung von Herzschlag und Atmung führt zur sogenannten respiratorischen Sinusarrhythmie (RSA). Sie beruht überwiegend darauf, dass die Herzfrequenz während der Einatmung zu- und während der Ausatmung abnimmt. Physiologisch erscheint dies sinnvoll, da während der Einatmung vermehrt Sauerstoff in das Lungenblut übergeht, das bei erhöhter Herzfrequenz rascher in den Körper transportiert wird. Bei einer vollkommenen Koppe-

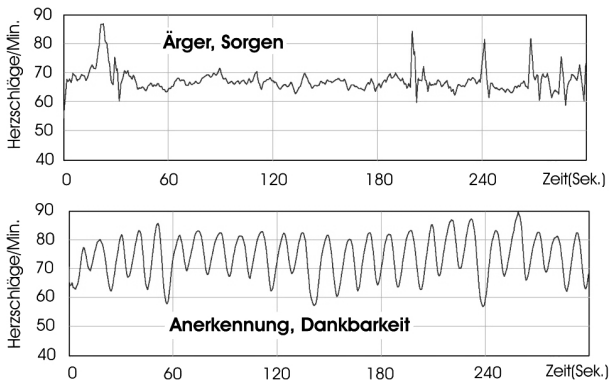


Abb. 1: Muster des Herzrhythmus und Gefühle. Quelle: <http://www.sehen-und-bewegen.de/herzrhythmus-emotion.jpg>, HRV-Messgerät: EmWave, Bezugsadresse in Deutschland: Meinrad Rohner, www.sehen-und-bewegen.de

lung zwischen Herzaktivität und Atmung ist die RSA maximal, während eine eingeschränkte Koppelung zu einer verringerten RSA führt, d. h. die Beschleunigung der Herzfrequenz während der Einatmung wird geringer. Diese Abnahme der RSA ist häufig bei lange andauerndem Stress oder bei Krankheit anzutreffen und zeugt von einer reduzierten vagalen Kapazität (Papillo u. Shapiro 1990). Im Gegenzug gibt es inzwischen reichlich Hinweise darauf, dass eine hohe RSA mit Gesundheit und Wohlbefinden einher geht.

Bemerkenswert sind in diesem Zusammenhang Untersuchungen der Herzfrequenzvariabilität Frühgeborener, die ja als vorzeitig geborene Feten direkter zugänglich sind als ungeborene Kinder. Die Herzfrequenzvariabilität Frühgeborener korrelierte in einer Heidelberger Studie eng mit den Ressourcen, der Kontrolle und dem Wohlbefinden der Mutter und konnte durch Sprechen der Mutter verbessert werden (Djordjevic et al. 2007).

Die kardiale Verbindung zwischen Mutter und Kind in der Schwangerschaft

Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich Ungeborene an die zeitlichen Eigenschaften des mütterlichen Herzschlages adaptieren, denn Studien zur Interaktion zwischen maternaler und fetaler Herzaktivität zeigen, dass die mütterlichen und die fetalen Herzaktionen nicht unabhängig voneinander

sind (z. B. DiPietro et al. 2000, 2004). Im Tierexperiment konnte nachgewiesen werden, dass das fetale Herz reagiert, wenn der mütterliche Vagus gereizt wird, wengleich dies mit zeitlicher Verzögerung geschieht (Rech 1927). Eine Interaktion zwischen mütterlicher und fetaler Herzaktivität legen auch die Befunde von Patrick et al. (1982) sowie Lunshof et al. (1998) nahe: Sie fanden für die Mutter und ihr Ungeborenes eine ähnliche Verlaufskurve der Herzaktivität über den Tag. DiPietro et al. (2003, 2008) konnten zeigen, dass Ungeborene auf Entspannung der Mutter mit einer verbesserten vagalen Aktivität und auf mütterlichen Stress mit einer Steigerung der Sympathikusaktivität reagieren. Dies deutet darauf hin, dass die physiologische Reaktivität des Ungeborenen eng mit der Befindlichkeit der Mutter verknüpft ist. Van Leeuwen et al. (2003) untersuchten, ob es einen direkten Zusammenhang zwischen der Herzschlagfolge der Mutter und des Kindes gibt. Dazu zeichneten sie bei schwangeren Frauen mit einem speziellen Gerät (Magnetokardiograf) die elektromagnetischen Felder auf, die entstehen, wenn der Herzmuskel das Blut durch die einzelnen kardialen Abschnitte treibt. Da die Felder synchron sowohl von der Mutter als auch vom Ungeborenen erfasst wurden, konnten sie die einzelnen Herzaktionen von beiden genau einander gegenüberstellen. Um den Einfluss der Atmung auf die Herzaktivität zu untersuchen, wurden den Müttern verschiedene Atemfrequenzen vorgegeben. Tatsächlich traten gelegentlich, wengleich überzufällig häufig, kurze Episoden von synchronen Aktionen des mütterlichen und fetalen Herzens auf, wenn die Mütter mit etwa 20 Atemzügen in der Minute atmeten, während diese eher selten bei nur 10 Atemzügen in der Minute auftraten. Doch wie kann sich ein Ungeborenes überhaupt an den mütterlichen Rhythmus anpassen? Auf welche Weise nimmt es den mütterlichen Herzrhythmus wahr?

Wie nimmt das Ungeborene die mütterliche Herzaktivität wahr?

Die mütterliche Herzaktivität impliziert eine Reihe von Signalen, die für das Ungeborene wahrnehmbar sein können. Prinzipiell kann die mütterliche Herzaktivität akustisch (Herztöne, Strömungsgeräusche in Bauch- und Uterusgefäßen) und haptisch (Vibrationen naher mütterlicher Gefäße) vom Feten wahrgenommen werden. Weiterhin können Botenstoffe und Hormone (z. B. Adrenalin, Cortison) bei Mutter und Kind ähnliche Effekte auf die Herztätigkeit ausüben. Am naheliegendsten sei nach Van Leeuwen, dass das Ungeborene die mütterlichen Herzaktionen als akustische Signale hört (persönliche Mitteilung). Das fetale Gehör ist spätestens nach 23. SSW aus-

gereift und funktionsfähig (Hepper u. Shahidullah 1994), so dass nach 23 SSW die mütterliche Herzaktivität als akustisches Signal wahrgenommen werden kann. Die Synchronisation von mütterlichem und fetalem Herzrhythmus könnte auf dem physikalischen Phänomen beruhen, dass sich die Rhythmen von zwei schwingenden Systemen (Herzaktivität gilt als „Bioszillator“) einander angleichen, wenn sie nur leicht miteinander verbunden sind (Ivanov et al. 2009). Dies trifft auf eine Schwangere und ihr Ungeborenes zweifellos zu. Unterstützt wird die Hypothese Van Leeuwens dadurch, dass die Reifung des autonomen Nervensystems des Ungeborenen etwa zur selben Zeit beginnt, wie die Hörfähigkeit einsetzt.

Eine andere Überlegung erlauben die Erkenntnisse von Sohmer et al. (2001): Ihren Befunden zufolge erreichen das Ungeborene akustische Signale als Schalldruckschwingungen, wie sie beispielsweise auch durch die Pulsationen der Herzaktivität ausgelöst werden können. Diese Schalldruckschwingungen passieren das Fruchtwasser und treffen auf die festen Bestandteile des kindlichen Schädels, wo sie verstärkt und entlang der wasserführenden Kanäle ins Schädelinnere weitergeleitet werden. Überall auf ihrem Weg zu den inneren Anteilen des Gehörs treffen die Schalldruckschwingungen auf Zellen. Wie seit kurzem bekannt ist, sind Schalldruckschwingungen in der Lage, die Eigenschaften von Zellmembranen zu beeinflussen (Neumann et al. 2010). Möglicherweise verbreiten sich die Schwingungsinformationen auf diese Weise auch ins Zellinnere. Im Versuch stellen Sohmer et al. fest, dass sich die Wahrnehmungsschwelle verbessert, je mehr Fläche der Schädeldecke stimuliert wird. Bei Ungeborenen sind diese Bedingungen besonders günstig, denn sie sind quasi vom stimulierenden Medium völlig umgeben. Die Effektivität dieses Transmissionspfads ist daher hoch und zudem erlaubt er eine frühere „Nutzung“ der schwingungsbasierten Informationen als die akustische Informationsverarbeitung über den äußeren Gehörgang. Einen weiteren interessanten Überlegungsansatz liefert der Forschungsbefund von Ferrazzi et al. (1989). Sie fanden einen klaren, signifikanten Zusammenhang zwischen der respiratorischen Sinusarrhythmie von Schwangeren und ihren ungeborenen Kindern im vagalen Frequenzbereich von 0.3 bis 0.4 Hertz. Da es sich hierbei ebenfalls um Schwingungsfrequenzen handelt, könnten sie auf dieselbe Weise übertragen und verarbeitet werden wie die Schalldruckschwingungen, auf die Sohmer et al. sich beziehen.

Interessanterweise deckt sich der vorgenannte vagale Frequenzbereich mit jenem engen Frequenzfenster, in dem bestimmte Zellen (Astrocyten), die für den Myelinisierungsprozess des zentralen Nervensystems gebraucht werden, aktiv sind. Liegt der Frequenzbereich unterhalb von 0.1 Hertz, ist

die Myelinisierung vermindert, oberhalb von 1 Hertz ist kein Effekt mehr festzustellen (Stevens et al. 1998). In der biopsychologischen Forschung zur Herzratenvariabilität korreliert dieser Frequenzbereich unterhalb von 0,1 Hertz mit negativen Gefühlen wie Sorgen und Ärger sowie mit einem ungünstigen gesundheitlichen Zustand.

Schlussfolgerung

Die Überlegungen aus den vorgestellten Befunden sind zwar teilweise hypothetisch, aber durch experimentelle Befunde untermauert. Auf einer zellulären Ebene wäre die frequenzbasierte Sprache des mütterlichen Herzens für das Ungeborene „verständlich“. Die Signale erreichen das Ungeborene auf eine sehr einfache und effektive Art und Weise und ermöglichen ihm, diese Signale für seine Anpassungsprozesse zu nutzen, indem es sein Nervensystem mittels dieser Informationen ausformt, um sich so auf die Interaktionsanforderungen, die es nach der Geburt erwarten, vorzubereiten. Eine Anpassung der fetalen Herzaktivität an die Herzschlagfolge der Mutter wie sie Van Leeuwen vorschlägt, scheint im Hinblick auf eine Optimierung der Entwicklung entlang einer physiologisch nachteiligen Ausgangslage eher unwahrscheinlich. Sehr viel wahrscheinlicher dürfte eine organismische Anpassung des Ungeborenen an die Frequenzeigenschaften des mütterlichen Herzschlages sein. Da in den Frequenzeigenschaften des Herzschlages „die Psyche mitschwingt“, sind sie als „soziale“ Informationsquelle sehr gut geeignet.

Biophysologisch betrachtet bezweifelt niemand, dass ein Ungeborenes in großer Nähe zu seiner Mutter heranwächst. Üblicherweise wird dies jedoch nicht unter einem sozialen Aspekt gesehen. Dabei belegen eine Vielzahl von Studien aus der Bindungsforschung, wie wichtig ein freundliches soziales Umfeld für die Entwicklung von Kindern ist und welche Folgen es für die kognitive, soziale und motorische Entwicklung haben kann, wenn Kinder kein solches Umfeld vorfinden. Dies gilt nicht nur für Kinder, sondern für den gesamten Lebenslauf. Menschen in einem glücklichen sozialen Bezugssystem sind gesünder und leben länger. Warum sollte dies nicht ebenso für die Zeit vor der Geburt gelten? Ist dies nicht gerade die Zeit, in der die Grundlagen für das spätere Leben gelegt werden? Gerade weil die soziale Interaktion für den Menschen so wichtig ist, liegt es nahe, dass jede Form der menschlichen Entwicklung „Interaktionsfähigkeit“ zum Ziel hat, beginnend mit der ersten Zellteilung bis zu unserem Tod.

Eine liebevolle mütterliche Sprache des Herzens könnte aufgrund ihrer frequenzbasierten Struktur rhythmische, bioelektrische Impulse setzen, die geeignet sind, die Myelinisierung der fetalen neuronalen Strukturen zu fördern. Dies ist eine Voraussetzung für korrekte Wahrnehmungs-, Verarbeitungs- und Regulationsprozesse. Die vorgeburtlichen Abstimmungsprozesse könnten also ihren Ausgang nehmen in der kardialen Aktivität der Mutter, die vom Ungeborenen als externe Informationen für die eigene Vorbereitung auf spätere interaktionelle Funktionen verwendet wird. Gelingt dieser vorgeburtliche Anpassungsprozess, dürfte dies eine gute Grundlage für die nachgeburtliche Passung zwischen Mutter und Kind sein.

Ausblick: Interaktiver Taktwechsel

Nicht jede Mutter hat das Glück, während der Schwangerschaft ohne Probleme zu sein und sich in Ruhe und Gelassenheit auf das Baby freuen zu können. Wenn sich der mütterliche physiologische Zustand derartig auf die kindliche Entwicklung auswirken sollte, wird belasteten Müttern eine schwere Bürde aufgeladen. Wenngleich sich negative physiologische Zustände ungünstig auf die kindliche Entwicklung auswirken können, so lässt sich doch gegensteuern: Es gibt heute verschiedene Interventionsansätze, die sich vorteilhaft auf die Physiologie auswirken. Unter der Annahme, dass die kardiale Aktivität ein Transmissionsweg von der Mutter zum Kind darstellt, lässt sich durch ein Training mittels Biofeedback-Geräten Einfluss auf die Herzratenvariabilität nehmen und die vagale Aktivität steigern. Dies unterstützt nicht nur den Organismus der Mutter, sondern dürfte auch die Entwicklung des Ungeborenen fördern. Einen sehr guten therapeutischen Ansatz bietet die vorgeburtliche Bindungsanalyse nach Hidas und Raffai (2006). Diese psychoanalytisch orientierte Schwangerenbegleitung erlaubt es, virulente Bindungsthemen zugänglich und bearbeitbar zu machen. Auf diese Weise können potenziell nachteilige Auswirkungen auf die Schwangerschaft und die kindliche Entwicklung schon während der Schwangerschaft aufgefangen oder gar vermieden werden. Die meisten Eltern, die dieses Angebot in ihrer Schwangerschaft genutzt haben, berichten über ihre Kinder, dass sie ungewöhnlich lange in einem Zustand der ruhigen Aufmerksamkeit verweilen, sich sehr gut verständlich machen können und sich leicht beruhigen lassen. Dies sind alles Eigenschaften, die für eine sehr gute Regulationskompetenz der Kinder sprechen. Mit derartigen Fähigkeiten ausgestattet, sind die Kinder gut gerüstet für befriedi-

gende soziale Interaktionen, denn sie besitzen die ruhige Aufmerksamkeit für eine genaue Wahrnehmung, sind überdurchschnittlich gut in der Lage, ihre Bedürfnisse zu zeigen und vermitteln ihrer Betreuungsperson Kompetenz, indem sie sich leicht beruhigen lassen.

Die Einstimmung der Eltern auf eine gemeinsame „Schwingungsebene“ mit ihrem noch ungeborenen Kind mittels der vorgeburtlichen Bindungsanalyse scheint damit eine sehr sinnvolle Möglichkeit der Frühprävention, gerade im Hinblick auf die derzeitig nahezu epidemisch zunehmenden psychischen Probleme im frühen Kindes- und Jugendalter. Der berühmte Spruch des kleinen Prinzen von Antoine de Saint-Exupéry „Nur mit dem Herzen sieht man gut“ gewinnt angesichts dieser Zusammenhänge eine neue, überdenkenswerte Bedeutung.

Literatur

- Arck PC, Knackstedt MK, Blois SM (2006) Current insights and future perspectives on neuro-endocrine-immune circuitry challenging pregnancy maintenance and fetal health. *J Reproduktionsmed Endokrinol* 2: 98–102
- Brown JW (1990) Prenatal development of the human nucleus ambiguus during the embryonic and early fetal periods. *Am J Anat* 189(3): 267–283
- Butler EA, Wilhelm FH, Gross JJ (2006) Respiratory sinus arrhythmia, emotion, and emotion regulation during social interaction. *Psychophysiology* 43(6): 612–622
- Condon JT (1986) The spectrum of fetal abuse in pregnant women. *J Nerv Ment Dis* 174(9): 509–516
- Conradt E, Ablow J (2010) Infant physiological response to the still-face paradigm: contributions of maternal sensitivity and infants' early regulatory behavior. *Infant Behav Dev* 33(3): 251–265
- DeCasper AJ, Fifer WP (1980) Of human bonding: newborns prefer their mothers' voices. *Science* 208(4448): 1174–1176
- DiPietro JA, Costigan KA, Gurewitsch ED (2003) Fetal response to induced maternal stress. *Early Hum Dev* 74(2): 125–138
- DiPietro JA, Costigan KA, Pressman EK, Doussard-Roosevelt JA (2000) Antenatal origins of individual differences in heart rate. *Dev Psychobiol* 37(4) 221–228
- DiPietro JA, Ghera MM, Costigan KA (2008) Prenatal origins of temperamental reactivity in early infancy. *Early Hum Dev* 84(9): 569–575
- DiPietro JA, Irizarry RA, Costigan KA, Gurewitsch ED (2004) The psychophysiology of the maternal-fetal relationship. *Psychophysiology* 41(4): 510–520
- Djordjevic D, Linderkamp O, Brüssau J, Cierpka M (2007) Zusammenhänge zwischen dem Wohlbefinden der Mutter und der Herzfrequenzvariabilität von Frühgeborenen. *Prax Kinderpsychol Kinderpsychiatr* 56(10): 852–869

- Ferrazzi E, Pardi G, Setti PL, Rodolfi M, Civardi S, Cerutti S (1989) Power spectral analysis of the heart rate of the human fetus at 26 and 36 weeks of gestation. *Clin Phys Physiol Meas* 10 Suppl B 57–60
- Glover V, Bergman K, Sarkar P, O'Connor TG (2008) Association between maternal and amniotic fluid cortisol is moderated by maternal anxiety. *Psychoneuroendocrinology* 34(3): 430–435
- Govindan RB, Lowery CL, Campbell JQ, Best TH, Murphy P, Preissl HT, et al. (2007) Early maturation of sinus rhythm dynamics in high-risk fetuses. *Am J Obstet Gynecol* 196(6): 572 e571–577; discussion 572 e577
- Ham J, Tronick E (2006) Infant resilience to the stress of the still-face: infant and maternal psychophysiology are related. *Ann N Y Acad Sci* 1094: 297–302
- Hepper PG, Shahidullah BS (1994) Development of fetal hearing. *Arch Dis Child* 71(2): F81–87
- Hidas G, Raffai J (2006) Nabelschnur der Seele: Psychoanalytische orientierte Förderung der vorgeburtlichen Bindung zwischen Mutter und Baby. Psycho-sozial-Verlag, Gießen
- Ivanov P, Ma QD, Bartsch RP (2009) Maternal-fetal heartbeat phase synchronization. *Proc Natl Acad Sci USA* 106(33): 13641–13642
- Kisilevsky BS, Hains SM, Brown CA, Lee CT, Cowperthwaite B, Stutzman SS, et al. (2009) Fetal sensitivity to properties of maternal speech and language. *Infant Behav Dev* 32(1): 59–71
- Linderkamp O, Janus L, Linder R, Skoruppa D (2009) Time Table of Normal Foetal Brain Development. *Int J of Prenatal and Perinatal Psychology and Medicine* 21(1/2): 4–16
- Lugmair K (2006) Sensorische Intergration – Raumwahrnehmung unter besonderer Berücksichtigung des Kindesalters (Publication Retrieved 21.11.2011: http://edoc.ub.uni-muenchen.de/6400/1/Lugmair_Katherina.pdf)
- Lunshof S, Boer K, Wolf H, van Hoffen G, Bayram N, Mirmiran M (1998) Fetal and maternal diurnal rhythms during the third trimester of normal pregnancy: outcomes of computerized analysis of continuous twenty-four-hour fetal heart rate recordings. *Am J Obstet Gynecol* 178(2): 247–254
- McCraty R, Atkinson M, Tiller WA, Rein G, Watkins AD (1995) The effects of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability. *Am J Cardiol* 76(14): 1089–1093
- Moore GA, Hill-Soderlund AL, Propper CB, Calkins SD, Mills-Koonce WR, Cox MJ (2009) Mother-infant vagal regulation in the face-to-face still-face paradigm is moderated by maternal sensitivity. *Child Dev* 80(1): 209–223
- Neumann J, Hennig M, Wixforth A, Manus S, Rädler JO, Schneider MF (2010) Transport, separation, and accumulation of proteins on support lipid bilayers. *NanoLetters* 10: 2903–2908
- Papillo JF, Shapiro D (1990) The cardiovascular system. In: Cacioppo JT, Tassinari LG (eds) *Principles of Psychophysiology*. University Press, Cambridge, pp 456–512

- Patrick J, Campbell K, Carmichael L, Probert C (1982) Influence of maternal heart rate and gross fetal body movements on the daily pattern of fetal heart rate near term. *Am J Obstet Gynecol* 144(5): 533–538
- Pauen S (2006) Was Babys denken: Eine Geschichte des ersten Lebensjahres. Beck, München
- Pereyra PM, Zhang W, Schmidt M, Becker LE (1992) Development of myelinated and unmyelinated fibers of human vagus nerve during the first year of life. *J Neurol Sci* 110(1–2): 107–113
- Porges SW (2003) Social engagement and attachment: a phylogenetic perspective. *Ann N Y Acad Sci* 1008: 31–47
- Porges SW, Furman SA (2011) The early development of the autonomic nervous system provides a neural platform for social behavior: A polyvagal perspective. *Infant Behavior and Development* 20: 106–118
- Rech W (1927) Experimentelle Untersuchung über Beziehungen zwischen mütterlicher und kindlicher Herzaktion. *Archiv für Gynäkologie. Organ der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie. Kongressband 132*, 57–59
- Sachis PN, Armstrong DL, Becker LE, Bryan AC (1982) Myelination of the human vagus nerve from 24 weeks postconceptional age to adolescence. *J Neuropathol Exp Neurol* 41(4): 466–472
- Schneider U, Fiedler A, Liehr M, Kahler C, Schleussner E (2006) Fetal heart rate variability in growth restricted fetuses. *Biomed Tech (Berl)* 51(4): 248–250
- Schwab M (2009) Intrauterine Programmierung von Störungen der Hirnfunktion im späteren Leben. *Gynäkol Geburtshilfliche Rundsch* 49: 13–28
- Smith LS, Dmochowski PA, Muir DW, Kisilevsky BS (2007) Estimated cardiac vagal tone predicts fetal responses to mother's and stranger's voices. *Dev Psychobiol* 49(5): 543–547
- Sohmer H, Perez R, Sichel JY, Priner R, Freeman S (2001) The pathway enabling external sounds to reach and excite the fetal inner ear. *Audiol Neurootol* 6(3): 109–116
- Stevens B, Tanner S, Fields RD (1998) Control of myelination by specific patterns of neural impulses. *J Neurosci* 18(22): 9303–9311
- Tomasello M (2011) Die Ursprünge der menschlichen Kommunikation. Suhrkamp, Frankfurt
- Trevarthen C (2010) What is it like to be a person who knows nothing? Defining the active intersubjective mind of a newborn human being. *Inf Child Dev, Special issue*
- Van Leeuwen P, Geue D, Lange S, Cysarz D, Bettermann H, Gronemeyer DH (2003) Is there evidence of fetal-maternal heart rate synchronization? *BMC Physiol* 3: 2