

Abschlussbericht (Kurzversion / Elternversion)

Psychophysikalische Untersuchung der Sensitivität für Disparitätsinformationen sowie der Wahrnehmung von 3D subjektiven Konturen im ersten Lebensjahr

Priv.-Doz. Dr. Michael Kavšek

Universität Bonn

Institut für Psychologie

Abt. Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie

DFG-Geschäftszeichen: KA 1123/10-2

Antragsteller: Michael Kavšek, Priv.-Doz. Dr. Dipl.-Psych.

Projektmitarbeiterin: Stephanie Braun, B.Sc., M.Sc.

Institut/Lehrstuhl: Universität Bonn, Institut für Psychologie, Abt. Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie

Thema des Projektes: Psychophysikalische Untersuchung der Sensitivität für Disparitätsinformationen sowie der Wahrnehmung von 3D subjektiven Konturen im ersten Lebensjahr

Berichtszeitraum, Förderungszeitraum insgesamt: 01.05.2014 bis 31.05.2018

Falls Sie Näheres über die Studie wissen möchten, an der Ihr Baby teilgenommen hat, wenden Sie sich bitte an mich: Dr. Michael Kavšek, Tel.: 0228 734360 oder E-Mail: kavsek@uni-bonn.de.

Arbeits- und Ergebnisbericht

Insgesamt haben wir fünf experimentelle Studien durchgeführt, deren Ergebnisse im folgenden zusammengefasst werden.

a) Experiment 1: Die Entstehung der Wahrnehmung von ungekreuzter horizontaler Disparität:

In dem Forschungsprojekt ging es zunächst um die **Entstehung der Wahrnehmung horizontaler Disparität**, also um eine Bestimmung des Zeitpunktes im ersten Lebensjahr, ab dem Säuglinge auf stereoskopische Tiefe reagieren. Ausgangspunkt ist die Tatsache, dass ein Gegenstand, das wir anschauen, durch unsere beiden Augen leicht unterschiedlich wahrgenommen wird. Diese durch den Abstand der Augen verursachte Unterschiedlichkeit nennt man *horizontale Disparität*. Unser Sehapparat nutzt diese aus, um räumlich zu sehen. In dem Experiment 1 nun wurde untersucht, ab wann Babys auf *ungekreuzte* horizontale Disparität reagieren: Ein Objekt, das hinter der Ebene liegt, auf die wir gerade schauen, erzeugt eine sogenannte *ungekreuzte* Verschiebung der beiden Bilder des Objektes auf den beiden Netzhäuten.

Zur Klärung unserer ersten Fragestellung haben wir Bilder konstruiert, die aus schwarzen und weißen Punkten bestehen. Man nennt solche Reize auch „Zufallspunktstereogramme“ („random dot stereograms/RDS“). In die RDS war auf einer Seite ein Quadrat eingebaut, das hinter dem Hintergrund zu schweben scheint. Zu sehen war dieses Quadrat jedoch nur dann, wenn man die Fähigkeit des stereoskopischen Sehens besitzt, d.h. wenn man in der Lage ist, horizontale Disparitätsinformationen zu nutzen, um räumlich zu sehen. Die RDS waren dynamisch, d.h. die einzelnen Punkte wurden in hoher Geschwindigkeit immer wieder neu erzeugt. Zudem bewegte sich die genannte quadratische Region ständig einige Zentimeter von links nach rechts und wieder zurück. Diese Bewegung wurde eingebaut, da die Aufmerksamkeit von Säuglingen leicht auf Bewegung gelenkt werden kann. Auf der anderen Seite des Monitors war ein verschwommenes Quadrat zu sehen, das in der Ebene des Hintergrunds lag. Dieses Quadrat, das sich ebenfalls hin und her bewegte, diente als Vergleichsobjekt. Untersucht wurden Säuglingen im Altersbereich zwischen 6 und 20 Wochen in wöchentlichem Abstand. Wir wollten wissen, ab welchem Alter Babys die Seite des Monitors länger bzw. öfter anschauen, auf denen das hinter dem Hintergrund schwebende Quadrat zu sehen ist. Dieser Zeitpunkt ist der Zeitpunkt, ab dem das stereoskopische 3D-Sehen mit Hilfe ungekreuzter Disparität vorhanden ist.



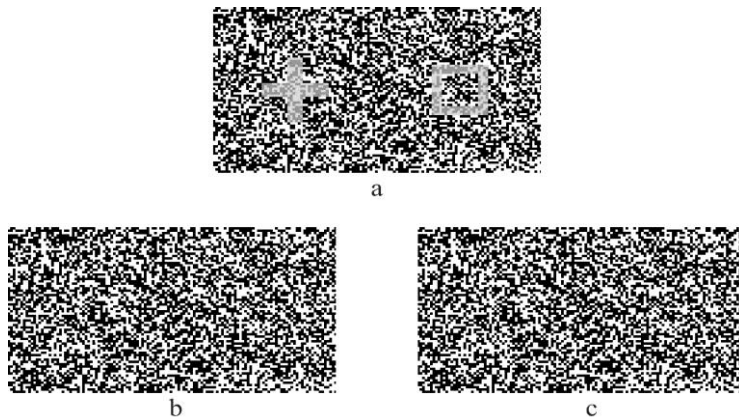
Ausschnitt aus einem der verwendeten Zufallspunktstereogramme (RDS). Durch Innenschleifen wird das linke Bild in das rechte Auge und das rechte Bild in das linke Auge geschickt. Man nimmt dann in der rechten Hälfte des Bildes ein Quadrat wahr, das hinter dem Hintergrund liegt. Links erkennt man ein verschwommenes Quadrat ohne Tiefeneffekt.

Die **Ergebnisse** unserer Studie zeigen, dass Säuglinge ab 13 bis 15 Wochen auf das durch *ungekreuzte* horizontale Disparität spezifizierte Quadrat reagieren, d.h. es länger und öfter anschauen als das Vergleichsquadrat ohne Tiefe. Dabei zeigt sich über den Alterszeitraum hinweg, den wir untersucht haben (6 bis 20 Lebenswochen), ein Anstieg der Fähigkeit, das durch ungekreuzte Disparität hervorgehobene Quadrat zu bevorzugen bzw. zu bemerken.

In einer früheren Studie haben wir festgestellt, dass Babys schon mit ca. 8 Lebenswochen auf *gekreuzte* horizontale Disparität reagieren. Unsere jetzigen Ergebnisse belegen also, dass die Fähigkeit, *ungekreuzte* horizontale Disparität zu erkennen, etwas später auftaucht. Ausserdem erfolgt die Wahrnehmung ungekreuzter horizontaler Disparität nach unseren Ergebnissen in der Entwicklung früher als dies die bisherige Forschung gefunden hat.

b) Experiment 2: Die Wahrnehmung stereoskopischer Formen:

Als nächstes haben wir eine Studie zur **Unterscheidung von Formen** durchgeführt, die nur dann zu sehen sind, wenn die Fähigkeit des stereoskopischen Sehens vorhanden ist. Wieder haben wir hierzu dynamische RDS konstruiert. Diese enthalten zwei einfache Formen, nämlich ein Kreuz und ein Viereck, die beide durch horizontale Disparität zustande kommen (siehe die nachfolgende Abbildung). In dem Experiment wurden die Babys zunächst an eine der beiden Formen gewöhnt und sahen in der anschließenden Testphase beide Formen. Wir haben erwartet, dass die Babys in der Testphase die jeweils neue, ihnen noch nicht bekannte Form länger anschauen, wenn sie bemerken, dass diese tatsächlich neu ist, d.h. von der anfänglich gezeigten Form verschieden ist. Daraus erschließen wir die Fähigkeit, stereoskopische Formen erkennen zu können. Beachten Sie: Die Formen liegen diesmal vor dem Hintergrund und nicht wie in dem ersten Experiment dahinter. Auch diesen Effekt haben wir mit Hilfe horizontaler Disparität bewerkstelligt: Ein Objekt, das vor der Ebene liegt, auf die wir gerade schauen, erzeugt eine sogenannte *gekreuzte* Verschiebung der beiden Bilder des Objektes auf den Netzhäuten.



Das Bild a hebt die beiden experimentellen Formen durch Schattierung hervor. Eine gekreuzte Fusionierung (Innenschiel) von b und c bringt ein Kreuz auf der linken Seite und den Umriss eines Quadrates ohne Tiefeneffekt auf der rechten Seite zum Vorschein. Beide Formen schweben über dem Hintergrund.

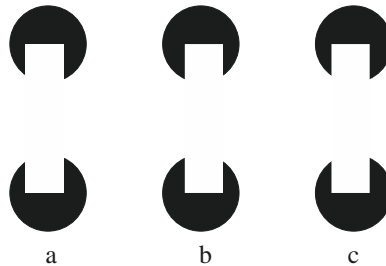
Ergebnisse: In der Untersuchung testeten wir in einem ersten Schritt, ob Säuglinge eine *quadratische* von einer *kreuzförmigen* Figur unterscheiden können. Zunächst wurden Säuglinge mit einem Alter von 5 Monaten untersucht, also Säuglinge in einem Altersbereich, in dem nach den bisherigen Studien zur Wahrnehmung horizontaler Disparität eine Wahrnehmung von stereoskopischer Objektform plausibel ist. Da 5 Monate alte Babys die verlangte Unterscheidungsleistung nicht erbringen konnten, wurde eine mit 7 Lebensmonaten etwas ältere Gruppe geprüft. Auch diese Gruppe ließ nicht erkennen, dass sie die beiden Formen auseinanderhalten konnte. Deshalb haben wir eine Veränderung der quadratischen Form vorgenommen, um die beiden Reize unterschiedlicher zu gestalten. In der veränderten quadratischen Reizfigur wurde nur noch die Umrandung eines Quadrates dargeboten, d.h. man erkannte zwar die Begrenzungslinien des Quadrats, sah aber in dessen Innenbereich den Hintergrund (siehe obige Abbildung).

Die mit dem veränderten Reizmaterial zunächst untersuchten 5 Monate alten Säuglinge waren dazu in der Lage, die beiden Formen erkennen und unterscheiden zu können. Die von uns anschließend untersuchten 4 Monate alten Pbn zeigten keine derartige Unterscheidungsleistung. Dieses Resultat bedeutet also, dass 5, nicht aber 4 Monate alten Babys die Wahrnehmung zweidimensionaler Formen gelingt, die durch gekreuzte horizontale Disparität definiert sind. Die Beobachtung, dass weder 5 noch 7 Monate alte Babys eine Unterscheidungsleistung der ursprünglich verwendeten Formen aufweisen, zeigt an, dass die Fähigkeit von Säuglingen, zweidimensionale Formen mit Hilfe von Disparitätsinformationen wahrzunehmen, noch nicht sehr gefestigt ist.

Weitere Experimente haben sich mit der Wahrnehmung *subjektiver Konturen* bei Säuglingen beschäftigt, also von Konturen/Umrissen, die nicht ausgeführt sind, aber trotzdem als vollständig gesehen werden. Die populärste subjektive Kontur ist die aus Teilkreisen bestehende *Kanizsa-Figur*. Durch die nachfolgende Abbildung a, eine spezielle Variante dieser Figur, beispielsweise entsteht die Wahrnehmung eines vertikal ausgerichteten Rechtecks, das auf zwei schwarze Kreise aufgelegt ist. Das Quadrat ist ein *subjektives* Phänomen, da Teile seiner Kontur, nämlich der Bereich zwischen den beiden Teilkreisen, nicht sichtbar sind, sondern durch unseren Wahrnehmungsapparat ergänzt werden.

c) Experiment 3: Die Wahrnehmung dreidimensionaler subjektiver Konturen

Das Experiment 3 untersuchte die Fähigkeit von Säuglingen, eine durch horizontale Disparität in den Vordergrund geschobene subjektive Kontur (Abb. a und b) von einer durch horizontale Disparität in den Hintergrund versetzten subjektiven Kontur (Abb. b und c) zu unterscheiden. In den Konturen wird also die illusionäre Fläche durch die Hinzufügung von horizontaler Disparität vor oder hinter die Teilkreise verschoben. Die Disparitätsinformationen führen in diesen Figuren zu einer Verstärkung/Betonung der subjektiven Kontur. Konkret erzeugt eine durch Innenschichten hergestellte Verschmelzung der Bilder a und b in der Abbildung ein subjektives Rechteck, das über den schwarzen Teilkreisen zu schweben scheint (Reiz mit gekreuzter horizontaler Disparität), während die Verschmelzung der Bilder b und c zur Wahrnehmung eines subjektiven Rechtecks führt, das unter den schwarzen Teilkreisen liegt und dessen Endstücke durch Öffnungen in diesen Kreisen zu sehen sind (Reiz mit ungekreuzter Disparität).



Durch Verschmelzung/Innenschichten resultiert aus a und b die Wahrnehmung eines subjektiven Rechtecks, das vor den Teilkreisen schwebt, und aus b und c der Eindruck, dass das subjektive Rechteck durch Öffnungen in den Teilkreisen gesehen wird.

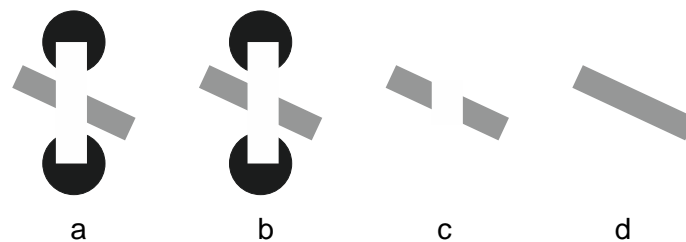
Eine zweite Teiluntersuchung ging der Frage nach, ob Säuglinge zwei- und dreidimensionale subjektive Konturen voneinander unterscheiden können. Zweidimensionale subjektive Konturen sind Konturen ohne dreidimensionale Tiefe, also einfache Zeichnungen wie die Abbildung a. Ein positives Resultat ist ein weiterer Hinweis darauf, dass die Hinzufügung von horizontaler Disparität zu einer zweidimensionalen subjektiven Kontur zu einer veränderten Wahrnehmung der subjektiven Kontur führt. Als dreidimensionale subjektive Kontur wurde das subjektive Kanizsa-Rechteck verwendet, das über den beiden schwarzen Teilkreisen schwebt (Abb. a und b).

Ergebnisse: In dem Experiment wurde zunächst die Fähigkeit getestet, eine durch gekreuzte Disparität in den Vordergrund geschobene subjektive Kontur (Abb. a und b) von einer durch ungekreuzte Disparität in den Hintergrund versetzten subjektiven Kontur (Abb. b und c) zu unterscheiden. Die Untersuchung von 5 Monate alten Babys ergab die erwartete Unterscheidungsreaktion. Anschließend getestete Säuglinge mit einem Alter von 4 Monaten hingegen zeigten zwar nach Gewöhnung an die Reizfigur mit ungekreuzter, nicht aber nach Gewöhnung an die Reizfigur mit gekreuzter Disparität eine im statistischen Sinne bedeutsame Unterscheidungsleistung der beiden Figuren. Sieben Monate alte Babys schließlich ließen nur eine schwache Unterscheidung der beiden subjektiven Konturen erkennen. Leider zeigten zusätzlich durchgeführte Kontrollbedingungen an, dass nicht ausgeschlossen werden kann, dass die festgestellten Unterscheidungsleistungen darauf beruhen, dass die Säuglinge zwar die Tiefenunterschiede in den rechteckigen Ausschnitten der Teilkreise sahen, nicht aber zusätzlich die unterschiedlichen subjektiven Konturen.

Eine weitere Teilstudie war darauf angelegt zu überprüfen, ob Säuglinge mit einem Alter von 5 Monaten zwei- und dreidimensionale subjektive Konturen voneinander unterscheiden können. Ein positives Resultat wäre ein alternativer Hinweis darauf, dass die Hinzufügung von horizontaler Disparität zu einer zweidimensionalen subjektiven Kontur zu einer veränderten Wahrnehmung der subjektiven Kontur führt. Getestet wurden 5 Monate alte Babys, da diese Altersgruppe in der ersten Teilstudie konsistente Effekte aufgewiesen hatte. Im Ergebnis zeigten die Säuglinge die erwartete Leistung, denn sie konnten die beiden subjektiven Konturen auseinander halten. Auch hier wurden Kontrollbedingungen durchgeführt. Die Resultate dieser Kontrollbedingungen konnten absichern, dass die Leistung der Babys tatsächlich auf der Wahrnehmung der Verschiedenheit der subjektiven Konturen basierte. Insgesamt gesehen können Babys nach unseren Resultaten mit 5 Lebensmonaten sowohl eine subjektive Kontur ohne Tiefeneffekt als auch eine subjektive Kontur wahrnehmen, die stereoskopisch in den Vordergrund gehoben ist.

d) Experiment 4: Die Wahrnehmung von teilweiser Verdeckung

In unserem Experiment 4 wollten wir in Erfahrung bringen, ob Babys davon ausgehen, dass eine subjektive Kontur eine Fläche ist, hinter der eine andere Fläche verschwinden kann bzw. die Teile einer anderen Fläche verdecken kann. Wir wollten dies sowohl für eine zweidimensionale subjektive Kontur als auch für eine durch gekreuzte Disparität in den Vordergrund geschobene subjektive Kontur wissen. Die Abbildungen a und b zeigen eine Situation, in der ein querliegendes stabförmiges Objekt durch eine subjektive Kontur teilweise verdeckt wird. Durch Innenschielen ergeben die beiden Halbbilder a und b eine in den Vordergrund gehobene subjektive Kontur. Jede der beiden Figuren a und b für sich genommen enthält eine zweidimensionale subjektive Kontur. Ziel der Studie war herauszufinden, ob Säuglinge den durch die subjektive Kontur vermeintlich teilweise verdeckten querliegenden Stab als vollständiges Objekt (Abb. d) oder als zwei unverbundene Teilobjekte (Abb. c) wahrnehmen. Zwei voneinander getrennte Teilobjekte werden wahrgenommen, wenn die subjektive Kontur nicht als verdeckende Fläche erkannt wird. Hingegen wird ein einheitliches Objekt wahrgenommen, wenn der subjektiven Kontur als durchgehender Fläche die Eigenschaft zugeschrieben wird, andere Gegenstände teilweise abdecken zu können. In diesem Falle nämlich geht man davon aus, dass der in a und b gezeigte graue Stab unter der subjektiven Kontur weiterverläuft.

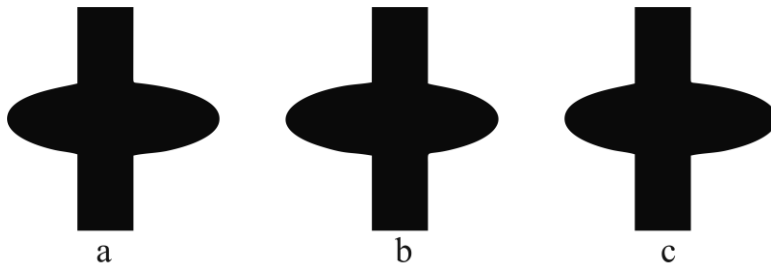


Durch Innenschielen resultiert aus a und b die Wahrnehmung eines illusionären Rechtecks, das über den beiden schwarzen Teilkreisen schwebt und einen grauen Stab teilweise verdeckt. Die Zeichnungen c und d bilden zwei voneinander getrennte stabförmige Objekte und einen kompletten Stab ab.

Ergebnisse: Die Eigenschaft, eine Fläche zu sein, die andere Objekte teilweise verdecken kann, wurde sowohl für zweidimensionale als auch für dreidimensionale subjektive Konturen abgetestet. Die von uns untersuchten 5 und 7 Monate alten Babys legten über alle unsere Versuchsbedingungen hinweg eine ausgeprägte Tendenz an den Tag, bevorzugt das unterbrochene Testobjekt anzublicken. D.h. es wurde nach Gewöhnung an die Verdeckungsszene (Abb. a und b) das Bild mit den beiden Teilstäben (Abb. c) vor dem Bild mit dem vollständigen Teilstab (Abb. d) bevorzugt. Daraus könnte man nun schließen, dass die Babys in dem Verdeckungsbild a und b eine subjektive Kontur gesehen haben, die sich über einem dunklen Stab erstreckt. In der anschließenden Testphase, in der sowohl zwei getrennte Teilstäbe (Abb. c) als auch ein durchgehender Stab (Abb. d) zu sehen sind, erkannten sie den vollständigen Stab entsprechend als schon aus der Gewöhnungsphase bekannt wieder und blicken daher den für sie neuen, unvollständigen Stab an. Wir haben jedoch auch noch eine Kontrollbedingung durchgeführt, in der wir nur die Bilder c und d gezeigt haben, also nur die beiden Teilstäbe und den vollständigen Stab, ohne in einer Gewöhnungsphase vorher das Abdeckungsbild zu präsentieren. Und auch in dieser Kontrollbedingung wurde das Bild c (zwei Teilstäbe) länger angesehen. Dies bedeutet, dass nicht zweifelsfrei geschlossen werden kann, dass die Zuwendung zu den zwei Teilstäben in der zuerst durchgeführten Hauptbedingung ein Effekt der vorherigen Gewöhnung an die Verdeckungssituation war.

e) Experiment 5: Die Wahrnehmung stereoskopischer subjektiver von Szily-Konturen

Schließlich haben wir noch eine spezielle subjektive Kontur behandelt, die sogenannte *von Szily-Figur*. Die durch Innenschielen erreichte Verschmelzung von a und b erzeugt den Eindruck eines vertikalen Balkens, der vor einer horizontal ausgerichteten Ellipse liegt. Die Verschmelzung von b und c verschiebt die Ellipse vor den Balken. Die beiden Teilfiguren werden wesentlich durch horizontale Disparität bzw. stereoskopische Tiefeninformationen erzeugt. In subjektiven von Szily-Konturen besitzen die vordere und die hintere Fläche dieselbe Farbe und Helligkeit. Daher ist eine Region innerhalb des linken Teils der vorderen Fläche mit dem linken Auge nicht von der hinteren Fläche zu unterscheiden, während sie für das rechte Auge gut sichtbar bzw. eindeutig der vorderen Fläche zuweisbar ist. Analoges gilt für eine Region auf der rechten Seite der vorne liegenden Fläche.



Stereoskopische subjektive Konturen nach von Szily (1921). Verschmelzung (Innenschienen) von a und b erzeugt den Eindruck eines vertikalen Balkens vor einer horizontalen Ellipse. Verschmelzung von b und c kehrt die Tiefenrelation der beiden Formen um.

Ergebnisse: In dem Experiment wurden Babys in einer ersten Versuchsreihe daraufhin untersucht, ob sie die beiden in der obigen Abbildung aufgeführten dreidimensionalen Figuren (Balken vor der Ellipse (Abb. a und b) versus Ellipse vor dem Balken (Abb. 4b und 4c)) wahrnehmen. Tatsächlich konnten wir zeigen, dass 5 und in schwächerer Ausprägung auch 4 Monate alte Säuglinge die beiden von Szily-Figuren auseinanderhalten können. Dieses Ergebnis zeigt die Fähigkeit von Babys an, den Tiefenunterschied innerhalb von von Szily-Figuren zu entdecken.

In einer zweiten Versuchsreihe wurde überprüft, ob 4 und 5 Monate alte Säuglinge die im Vordergrund liegende Fläche als einheitliche Form ansehen oder ob sie davon ausgehen, dass im Vordergrund zwei voneinander getrennte Teilflächen liegen, zwischen denen die Hintergrundfläche zu sehen ist. Die Säuglinge wurden hierzu an eine der beiden von Szily-Figuren (Balken vor der Ellipse (Abb. a und b) versus Ellipse vor dem Balken (Abb. 4b und 4c)) gewöhnt und anschließend mit einer vollständigen und einer unvollständigen Version der vorderen Fläche der jeweiligen von Szily-Figur konfrontiert. In den unvollständigen Figurversionen wurde der Überlappungsbereich der sich kreuzenden Flächen der von Szily-Figuren einfach weggelassen, sodass nur zwei unverbundene Teilstücke der jeweiligen (vorderen) Form zu sehen waren. Eine Bevorzugung der unterbrochenen vor der vollständigen Form bedeutet, dass die Babys die vollständige Form als aus der Gewöhnungsphase bekannt ansehen und ihre Aufmerksamkeit auf die ihnen unbekannt unterbrochene Form richten. Unsere Ergebnisse zeigen an, dass 5 Monate alte Säuglinge die vorderen Flächen der von Szily-Figuren als vollständig ansehen. Diese Altersgruppe nimmt also nicht nur die Tiefenunterschiede in von Szily-Figuren wahr, sondern geht zusätzlich davon aus, dass im Vordergrund eine einheitliche, zusammenhängende Fläche liegt, obwohl Teile dieser Fläche wie die Fläche im Hintergrund aussehen. Vier Monate alte Säuglinge lassen diese Fähigkeit noch nicht erkennen.

Ergänzend zu der zweiten fragte die dritte Versuchsreihe nach der Fähigkeit von 4, 5 und 7 Monate alten Säuglingen, nicht die vordere, sondern die hintere Fläche in von Szily-Figuren als einheitlich zu erkennen. Wie in dem Experiment 4 haben wir untersucht, ob Säuglinge davon ausgehen, dass die vordere Fläche die hintere derart teilweise verdeckt, dass ihr mittleres Segment nicht zu sehen ist. In dem Experiment 4 haben wir beobachtet, dass die Babys sowohl in der Hauptbedingung, also in der Bedingung mit einer Phase der Gewöhnung an die Täuschungsfigur, als auch in der Kontrollbedingung, d.i. die Bedingung ohne Gewöhnungsphase, die Testfigur mit zwei voneinander getrennten Teilstäben vor der Testfigur mit einem durchgehenden Stab bevorzugten. Dieses Phänomen haben wir auch hier beobachtet: Wurden die Babys beispielsweise an die Figur a und b gewöhnt, in welcher der vertikale Balken vor der Ellipse liegt, blickten sie anschließend eine unvollständige Ellipse, d.i. eine Ellipse, deren mittlerer Teil fehlte, länger an als eine vollständige Ellipse (Hauptbedingung). Wenn man die Gewöhnungsphase wegließ, bevorzugten sie die unvollständige Ellipse jedoch auch (Kontrollbedingung). Wir können also nicht sicher schließen, dass die Babys in der Hauptbedingung eine Verdeckungssituation wahrgenommen haben. Das Ergebnis der Kontrollbedingung lässt vielmehr vermuten, dass es eine generelle, sowohl in der Haupt- als auch in der Kontrollbedingung wirksame Tendenz gibt, die aus zwei Teilstücken bestehende Testfigur zu bevorzugen.

Mein Team und ich danken an dieser Stelle noch einmal ganz herzlich den Eltern und ihren Babys für die Teilnahme an unserer Studie! Wir haben wertvolle Hinweise auf die Entwicklung der räumlichen Wahrnehmung erhalten, die für die Grundlagenforschung von hoher Bedeutung sind. Und es hat uns großen Spaß gemacht, die vielen Eltern und ihre Babys kennenzulernen!