

bfu-Grundlagen

# Entwicklungspsychologische Grundlagen



Autorin:  
Andrea Uhr

Bern 2015

bfu – Beratungsstelle für Unfallverhütung



# Inhalt

<b>I.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>II.</b>	<b>Sensorische Wahrnehmung</b>	<b>7</b>
	1. Hören	7
	2. Sehen	8
	3. Fazit sensorische Wahrnehmung	10
<b>III.</b>	<b>Motorik</b>	<b>12</b>
	1. Motorische Fertigkeiten und Fähigkeiten	12
	2. Fazit Motorik	15
<b>IV.</b>	<b>Kognitive Fähigkeiten</b>	<b>17</b>
	1. Aufmerksamkeit	17
	2. Exekutive Funktionen	19
	3. Fazit Kognitive Fähigkeiten	22
<b>V.</b>	<b>Transfer zum Strassenverkehr</b>	<b>23</b>
	1. Gehör	23
	2. Periphere Wahrnehmung, Einschätzen von Geschwindigkeit und Distanz	24
	3. Querungsverhalten	24
	4. Visuelle Suche	25
	5. Motorik	26
	6. Aufmerksamkeit	27
	7. Exekutive Kontrolle	28
<b>VI.</b>	<b>Fazit</b>	<b>30</b>
	<b>Quellen</b>	<b>32</b>

# I. Einleitung

Kenntnisse über die kindliche Entwicklung sind oft notwendig, um adäquate Massnahmen zur Prävention von Kinderunfällen zu entwickeln. Wann kann ein Kind unbeaufsichtigt Fahrradfahren? Wann kann ein Kind alleine die Strasse überqueren? Wie und wann kann ein Kind angemessen gefördert werden, sich sicherheitsorientiert zu verhalten? Solche und ähnliche Fragen müssen im Kontext der Prävention häufig beantwortet werden.

Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die kindliche Entwicklung in den für die Unfallprävention relevantesten Bereichen. Im ersten Teil wird für eine Auswahl an Funktionsbereichen grob skizziert, wann sich die wichtigsten Fähigkeiten gemäss der neueren entwicklungspsychologischen Literatur ungefähr entwickeln. Im zweiten Teil werden Erkenntnisse aus der verkehrspsychologischen Forschung präsentiert und überprüft, ob sich diese Aussagen mit der Entwicklungspsychologie decken, welche Erkenntnisse veraltet sein dürften und wo Forschungsbedarf besteht. Da das Thema sehr umfassend ist, musste es stark eingegrenzt werden: Ob einzelne Fähigkeiten trainierbar sind, wird nur am Rande thematisiert. Die Bedeutung der Erkenntnisse für die Verkehrserziehung mussten ausgeklammert werden.

Die Erkenntnisse der Entwicklungspsychologie sind kaum zu überblicken. Einerseits hat die Forschung eine nicht überschaubare Fülle von Einzeldaten produziert. Diese Befunde sind so isoliert, dass sich die kindliche Entwicklung damit leider kaum sinnvoll beschreiben lässt [6]. Andererseits sind die gefundenen Erkenntnisse stark abhängig von der verwendeten

Messmethode. Hierbei gilt es zwei Punkte hervorzuheben: Erstens sollte eine Fähigkeit, die man über verschiedene Altersstufen hinweg vergleichen möchte, in jeder Altersstufe genau gleich erfasst werden. Dies ist aber oft nicht möglich. Ein 2-jähriges Kind kann z. B. noch nicht gleich lang aufmerksam sein und dieselben Aufgabenregeln verstehen, wie ein 10-jähriges. Deshalb werden für verschiedene Altersstufen unterschiedliche Aufgaben verwendet, was das Problem mit sich bringt, dass man nie weiss, ob man wirklich dieselbe Fähigkeit erfasst hat. Zweitens scheint die Entwicklungspsychologie im Moment auf der Suche nach immer ausgefeilteren Methoden zu sein. Mit diesen findet sie dann immer feinere und länger dauernde Entwicklungsschritte oder sie stellt umgekehrt fest, dass eine Fähigkeit viel früher vorhanden ist, als bisher angenommen. So scheint beispielsweise in einer Fähigkeit das Erwachseneniveau mit 12 Jahren erreicht zu sein, wenn man sie mit Methode A misst, mit Methode B zeigen sich aber weitere feine Entwicklungsschritte bis 18 Jahre. Oder man dachte bis anhin, eine Fähigkeit würde sich erst mit 5 Jahren entwickeln, stellt nun aber fest, dass man bisher kognitiv zu anspruchsvolle Methoden verwendet hat und dass das Kind schon mit 2 Jahren über die Fähigkeit verfügt, wenn man sie auf eine andere Art erfasst. All dies macht es ungemein schwierig, Entwicklungen zu beschreiben und verschiedene Studien miteinander zu vergleichen.

Die dargestellten Entwicklungszeiträume sind nur als **grobe Richtwerte** und keinesfalls als absolute Wahrheit zu verstehen. **Interindividuelle Unter-**

**schiede** sind zudem zu erwarten. Die Angaben beziehen sich auf die «normale» Entwicklung. Besonderheiten wie z. B. ADHS oder psychomotorische Auffälligkeiten werden nicht behandelt. Eine weitere Schwierigkeit für die Praxis besteht darin, dass die interessierenden Verhaltensweisen (z. B. selbständiges Queren der Strasse) ein Zusammenspiel an verschiedenen Fähigkeiten erfordern. Dieses Zusammenspiel wird kaum erforscht.

## II. Sensorische Wahrnehmung

### 1. Hören

Die Fähigkeit, Geräusche zu erkennen, zu unterscheiden und zu lokalisieren, verbessert sich vom Säuglingsalter bis in die Kindheit. Die **allgemeine Hörfähigkeit** ist relativ schnell sehr gut entwickelt. Mit 6 Monaten sind viele Aspekte der elementaren auditiven Verarbeitung so gut entwickelt wie bei Erwachsenen. Kleinkinder sind aber noch weniger sensitiv für Geräusche, d. h., sie erkennen Geräusche erst ab einer höheren Intensität (Dezibel) als Erwachsene. Der Unterschied dieser sogenannten Hörschwelle beträgt um die 10 bis 20 dB. Je nach Tonhöhe (Frequenz) scheinen Kinder im Alter von 5 bis 10 Jahren die Hörschwelle von Erwachsenen zu erreichen [7].

Das **Richtungshören** (Lokalisierung von Geräuschen) scheint jener Aspekt des Hörens zu sein, der sich im Laufe der Kindheit am deutlichsten verbessert. Es hängt u. a. von der Grösse von Ohren und Kopf und von der Erfahrung ab. Bereits Kleinkinder können Geräusche aus allen drei räumlichen Dimensionen lokalisieren, die Fähigkeit entwickelt sich aber über die Zeit weiter. Unter einfachen Bedingungen (z. B. im Labor bei nur einem Klang) ist das Richtungshören bei Kindern mit ca. 5 Jahren ausgereift. Unter komplexeren Bedingungen wie in der realen Umwelt mit Hintergrundgeräuschen dauert die Entwicklung aber

deutlich länger an. Ein Grund ist, dass Kinder beim Richtungshören stärker von reflektierenden Klängen (Echos) beeinträchtigt werden als Erwachsene [7]. In realistischen Aufgaben mit mehreren Stimuli scheint die Fähigkeit nicht vor dem Alter von ca. 8-9 Jahren voll entwickelt zu sein [8].

Das **auditive Erkennen von Objekten** bedeutet, dass der Hörer bzw. die Hörerin einzelne Komponenten von komplexen Geräuschen in verschiedene auditive Objekte segregieren muss, z. B. aus vielen gleichzeitigen Geräuschen eine menschliche Stimme, Hundegebell und ein vorbeifahrendes Auto heraus hören muss. Das Enkodieren von Geräuschen entwickelt sich von ca. 6 Monaten bis 5 Jahren, das Analysieren von auditorischen Szenen (komplex) bis über das 8. Lebensjahr hinaus [7].

Die letzten Entwicklungsschritte der auditiven Fähigkeiten hängen von der Reifung höherer Prozesse ab, wie z. B. von der **selektiven auditiven Aufmerksamkeit**. Bei dieser geht es darum, dass der Hörer bzw. die Hörerin einzelne Geräusche auswählen und weiterverarbeiten und andere ignorieren kann. 5-Jährige können dies erst unter einfachen Bedingungen. Bei Schulkindern (7-9 J.) ist die Fähigkeit ziemlich ausgereift [9].

**Tabelle 1**  
Entwicklung des Hörens

Alter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Allg. Hörfähigkeit	Schon bei Kleinkind recht gut entwickelt																			
Richtungshören	Unter einfachen Bedingungen bis 5 J. gut entwickelt, unter schwierigen später																			
Geräuschedifferenzierung (erkennen)	Bis ca. 5 J. entwickelt, in komplexen Szenen bis 8 J.																			
Selektive auditive Aufmerksamkeit	Unter einfachen Bedingungen bis 5 J. gut entwickelt, unter schwierigen später																			
	Grosser Teil der Entwicklung abgeschlossen						Weitere relativ bedeutsame Fortschritte				Geringe Fortschritte									

## 2. Sehen

Das **Helligkeitssehen** ist bereits mit 2 Monaten voll entwickelt. Mit 3 Monaten sehen Kinder in der Regel alle **Farben**. Im Vergleich zu Erwachsenen finden sich aber noch Unterschiede in der Kontrastsensitivität (Unterscheiden von Helligkeitsabstufungen) und in der Wahrnehmung der Farbsättigung (Unterscheiden von Farbintensitäten) [10]. Mit 5 bis 6 Jahren können Farbhelligkeit und -sättigung gut unterschieden werden [11]. Auch wenn Kinder Farben bereits sehr früh erkennen und Objekte nach Farben sortieren können, beherrschen sie die **Namen von Farben** mit ca. 4–5 Jahren überraschend spät [10].

Die **Objekterkennung** entwickelt sich über die ganze Kindheit hinweg. Mit wenigen Monaten können einfache Formen erkannt werden. Die neurologische Basis für die Objekterkennung scheint zwischen 5 bis 8 Jahren ausgereift zu sein. Das Wahrnehmen und Erkennen von Objekten bedingt aber mehr als nur die Reifung des visuellen Systems. So müssen u. a. Objekte nach ihrer Ähnlichkeit klassifiziert, dasselbe Exemplar unter verschiedenen visuellen Bedingungen (z. B. Licht, Gesichtspunkt, Farbe, verdeckt) erkannt und verschiedene Exemplare eines Objekts unterschieden werden (z. B. bei Unterschieden in Grösse und räumlichen Abstände einzelner Merkmale). Diese Fähigkeiten entwickeln sich bis in

die Adoleszenz und stehen vermutlich auch mit der kognitiven Entwicklung in Zusammenhang (z. B. gleichzeitig mehrere Merkmale berücksichtigen und erinnern) [12]. Jüngere Kinder orientieren sich bei der Kategorisierung von Objekten eher an der Farbe, ältere Kinder (ca. ab 4–6 Jahren) wie Erwachsene an der Form [11,13].

Es besteht wenig Einigkeit, wann die **Sehschärfe** Erwachseneniveau erreicht. Die Angaben reichen von 6 Monaten bis ca. 12 Jahren. Die Befunde scheinen abhängig von der verwendeten Methode zu sein [14]. Da die Fovea (Bereich des schärfsten Sehens) erst im Alter von ca. 4 Jahren voll ausgereift ist, erscheint es plausibel, dass die Entwicklung mindestens bis dahin andauert. Gesichert scheint, dass sich die Sehschärfe im ersten Lebensjahr rasant und danach langsamer entwickelt.

Das **Gesichtsfeld** umfasst jenen Sehbereich, der ohne Kopf- und Augenbewegungen wahrgenommen werden kann (zentrales Sehfeld und Seh-Randbereich zusammen). Autoren im Bereich der Prävention geben oft an, das Gesichtsfeld von Kindern sei erst mit ca. 11 bis 12 Jahren gleich gross wie jenes von Erwachsenen und bei jüngeren Schulkindern um ca. 30 % reduziert (z. B. [5]). Diese Annahme scheint aber widerlegt. Es existieren Studien, die schon bei 2-Jährigen gleich grosse Gesichtsfelder

Alter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Helligkeits- / Farbsehen	Mit 3 Mt. alle Farben wahrnehmbar																	
Form- / Objekterkennung	Einfache Formen erkennen schon Kleinkinder, bei Objekterkennung lang andauernde Entwicklung																	
Sehschärfe	Im ersten Jahr rasante Entwicklung, mit 3 J. hohes Niveau																	
Gesichtsfeld	Bereits mit 2 J. weit entwickelt																	
Tiefenwahrnehmung (Räumliches Sehen)	Bereits während erstem Lebensjahr alle Arten von Tiefensehen entwickelt																	
Grössenkonstanz	Bis ca. 5 J. wird Grösse von entfernten Objekten unterschätzt																	
Schätzen von Entfernungen	Relativ alte Befunde																	
Schätzen von Geschwindigkeiten	Bis ca. 10 Jahre wird Distanz stärker gewichtet als Geschwindigkeit																	
Visuelle Suche	Bei jüngeren Kindern unsystematische Suche, ab ca. 7 Jahren deutliche Fortschritte																	
	Grosser Teil der Entwicklung abgeschlossen						Weitere relativ bedeutsame Fortschritte						Geringe Fortschritte					

finden wie bei Erwachsenen. Die Befunde sind vermutlich von der Messmethode abhängig: gewisse Methoden dürften die Kinder in Bezug auf Dauer- und Aufmerksamkeit und kognitive Prozesse überfordern [15,16]. Kognitive Mechanismen wie die Verarbeitungsgeschwindigkeit könnten aber dazu führen, dass Kinder ihr Gesichtsfeld im Alltag nicht gleich gut nutzen können wie Erwachsene. So zeigte ein Experiment, dass jüngere Kinder (6- bis 8-Jährige) länger brauchen, um auf optische Reize im peripheren Sehfeld zu reagieren als 11-Jährige und Erwachsene [17].

Erwachsene nutzen für die **Tiefenwahrnehmung (räumliches Sehen)** drei unterschiedliche Arten von Informationen: kinematische (bewegungsindizierte), binokulare (beidäugige) und monokulare (einäugige, bildhafte Tiefenkriterien wie z. B. lineare Perspektive). Kinder können diese drei Arten von Informationen schon mit 6 bis 7 Monaten nutzen [18]. Durch diese frühe Entwicklung der Tiefenwahrnehmung kann das Kind bereits mit 6 Monaten einen Abgrund als gefährlich erkennen und ihn vermeiden [11]. Die Wahrnehmung der räumlichen Tiefe scheint sich aber bis ca. 11 Jahre weiterzuentwickeln. Dies gilt v. a. für die Verknüpfung der Tiefeninformation beider Augen [19].

Mit der Tiefenwahrnehmung in Verbindung stehen sowohl die Grössenwahrnehmung wie auch das Einschätzen von Entfernungen. Als **Grössenkonstanz** wird die Tatsache bezeichnet, dass wir Objekte trotz unterschiedlicher Entfernung in annähernd konstanter Grösse wahrnehmen. Dies bedingt nicht nur visuelle, sondern auch kognitive Fähigkeiten, denn die je nach Entfernung des Objekts unterschiedlichen Abbildungsgrössen auf der Netzhaut müssen (unbewusst) um die Entfernung korrigiert werden. Es gibt Anhaltspunkte, dass die Grössenkonstanzleistung

zwischen 2 und 10 Jahren ständig zunimmt. Andere Ergebnisse weisen darauf hin, dass mit 8 Jahren keine Verbesserung mehr stattfindet [11]. 5-Jährige scheinen die Grösse von entfernten Objekten noch konsistent zu unterschätzen. Mit 6 bis 9 Jahren wird dann die Entfernung in das Urteil miteinbezogen [20]. Bezüglich der **Einschätzung von Entfernungen** eines Objekts konnten nur relativ alte Aussagen aus dem Bereich der Verkehrspsychologie gefunden werden. Die Altersangaben, wann das Kind Distanzen einschätzen kann, reichen von ca. 6 [21] bis ca. 9 Jahren [22]. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.

Die **Einschätzung von Geschwindigkeiten** bedingt in der Regel die Berücksichtigung der Entfernung. Insofern ist die Geschwindigkeitseinschätzung eine komplexe Aufgabe. Es scheint nicht einfach, Messmethoden und Aufgaben zu finden, welche die Angelegenheit nicht noch komplizierter machen und z. B. zusätzliche anspruchsvolle kognitive oder motorische Fähigkeiten einbeziehen. Autoren im Bereich der Verkehrspsychologie ziehen oft relativ komplexe Experimente heran. Sie kommen zum Schluss, dass Kinder mit ca. 10 bis 12 Jahren Geschwindigkeiten einschätzen können (z. B. [22]). Experimente, die sich hauptsächlich auf die Einschätzung der Ankunftszeit eines Objekts an einem bestimmten Ziel (time to arrival) stützen zeigen, dass 7-Jährige hier nicht viel schlechter sind als Erwachsene. Wird aber die kognitive Komponente stärker beansprucht und die Einschätzung der Distanz forciert, in dem die Aufgabe so variiert wird, dass das Objekt am Ende seiner Lauf- oder Flugbahn abgedeckt wird (nicht mehr sichtbar), sind 7-Jährige deutlich schlechter als 10-Jährige [23]. Selbst 10-Jährige stützen sich bei der Einschätzung noch stärker auf die Distanz als auf die Geschwindigkeit [24]. Geht es darum einzuschätzen, wann ein Objekt am

eigenen Standort eintreffen wird (z. B. drohende Kollision erkennen), nutzt der Mensch als Information die Abbildungsgrösse des Objekts im Auge. Nähert sich ein Objekt, wird es im Auge grösser abgebildet (Looming). Es scheint, dass Kinder (mind. bis 11 Jahre) weniger sensitiv sind für das Looming als Erwachsene, v. a. wenn sich das Objekt schnell bewegt, nicht im zentralen Sehfeld erscheint oder wenn sich das Kind selber bewegt [25].

Bei der **visuellen Suche** geht es darum, Wahrnehmung und Aufmerksamkeit auf spezifische Zielreize auszurichten, z. B. gezielt nach Unterschieden auf zwei Bildern suchen oder im Strassenverkehr gezielt nach herannahenden Autos Ausschau halten. Hebt sich der Zielreiz nicht deutlich von der Umgebung ab (z. B. ein roter Kreis zwischen blauen Vierecken), ist eine serielle, systematische Suchstrategie notwendig, in der die Aufmerksamkeit nach und nach auf verschiedene Positionen ausgerichtet werden muss und man sich merken muss, wo man schon gesucht hat. Dies bedingt neben der reinen Sehfähigkeit auch höhere kognitive Prozesse wie die Fokussierung der Aufmerksamkeit und die Planung und Ausführung einer Strategie. Die Fähigkeit in dieser systematischen Suchstrategie verbessert sich deutlich über die Zeit. Speziell grosse Fortschritte («strategic shift») wurden bei Kinder im Alter von ca. 7-8 Jahren gefunden [26]. Einige Autoren aus dem Bereich der Verkehrspsychologie meinen, ab ca. 10-11 Jahren nähert sich das Kind dem Erwachsenen-niveau [27]. Eine Studie aus der Entwicklungspsychologie fand aber auch im Alter von 12 Jahren einen weiteren «strategischen Shift» und selbst bei 17-Jährigen zeigten sich noch Fortschritte [28]. Defizite in der visuellen Orientierung finden sich auch bei Fahranfängern (über 18 Jahre). Sie nehmen ihre Umwelt nur ausschnittsweise wahr, entdecken Gefahren weniger schnell und richten ihren Blick nur

auf ein kurzes Stück der Wegstrecke vor dem Fahrzeug. Mit zunehmender Fahrerfahrung bzw. Routinisierung und der damit verbunden geringeren mentalen Belastung verbessert sich das visuelle Suchverhalten [29]

### 3. Fazit sensorische Wahrnehmung

Die grundlegende optische und akustische Sinneswahrnehmung (z. B. allgemeine Hörfähigkeit, Helligkeits- und Farbsehen, Sehschärfe) ist schon in den ersten 1-3 Lebensjahren sehr gut entwickelt. Dass sich andere Fähigkeiten im Bereich des Sehens und Hörens erst später entwickeln, hängt vermutlich damit zusammen, dass sie nicht nur die reine Sinneswahrnehmung, sondern auch kognitive Fähigkeiten (z. B. Aufmerksamkeit, Informationsverarbeitung, Strategien anwenden) betreffen und sich z. T. erst mit zunehmender Erfahrung entwickeln. Um diese «höheren» sensorische Fähigkeiten bei Kindern zu untersuchen, müssen auch kognitive Fähigkeiten geprüft werden. Möchte man aber nur die grundlegende Sinneswahrnehmung untersuchen, sollte die Testaufgabe möglichst wenig kognitive Fähigkeiten beanspruchen. Diesbezüglich hat die entwicklungspsychologische Forschung in den letzten Jahren grosse methodische Fortschritte gemacht. Durch die Verwendung von kognitiv weniger anspruchsvollen Methoden wurde in einigen Fähigkeitsbereichen (z. B. Gesichtsfeld oder Teilaufgaben der Geschwindigkeitseinschätzung) festgestellt, dass Kinder mehr leisten können, als bisher angenommen. Es macht den Anschein, dass sich die Literatur zur Unfallprävention im Strassenverkehr auf eher alte Forschungsarbeiten stützt, weshalb einzelne Aussagen heute vermutlich veraltet sind. So wird z. B. oft zitiert, das Gesichtsfeld von Kindern entspreche erst mit 11 bis 12 Jahren der Grösse von Erwachsenen. Mit neueren Methoden werden aber

schon bei 2-Jährigen gleich grosse Gesichtsfelder gefunden. Diese neueren wissenschaftlichen Erkenntnisse dürften aber nur einen sehr kleinen Teil der kindlichen Fähigkeiten betreffen, so dass davon auszugehen ist, dass die meisten Erkenntnisse der älteren Literatur nach wie vor zutreffen.

Es stellt sich aber die Frage, inwiefern die entwicklungspsychologischen Erkenntnisse aus Laborstudien mit ihren kontrollierten Bedingungen für die praktische Unfallprävention von Nutzen sind. Im Strassenverkehr existieren keine kontrollierten Bedingungen. Hier gilt es nicht nur, eine gute sensorische Wahrnehmung zu haben, sondern diese auch angemessen zu steuern und zu verarbeiten. So zeigt sich dann zum Beispiel, dass die Kinder ihr Gesichtsfeld im Randbereich (peripheres Sehen) eben doch nicht so gut nutzen können wie Erwachsene, da sie die Informationen am Rand langsamer verarbeiten. In diesem Sinne ist das kindliche Gesichtsfeld tatsächlich eingeschränkt – allerdings aus anderen Gründen als bisher vermutet. So gesehen trifft die häufig zitierte Aussage der Verkehrspsychologen über das eingeschränkte Gesichtsfeld von Kindern tatsächlich zu. Die Argumentation ist aber vermutlich nicht korrekt.

Aus diesen Erkenntnissen lassen sich zwei Vermutungen ableiten:

1. In der Prävention sollte bei Kindern ab 2 bis 3 Jahren in den Bereichen Hören und Sehen nicht mit eingeschränkten elementaren, sensorischen Fähigkeiten argumentiert werden. Es sollten also keine Aussagen gemacht werden, dass Kinder schlechter hören oder sehen als Erwachsene. Vielmehr sollte auf Ebene der Informationsverarbeitung, der Aufmerksamkeit, der Kognition usw. argumentiert werden.

2. Um Aussagen für die Praxis machen zu können, ist die Betrachtung einzelner elementarer, sensorischer Fähigkeiten wenig zielführend. Es ist wichtiger zu wissen, ob ein Kind seine sensorische Wahrnehmung in komplexen Situationen angemessen steuern, verarbeiten, interpretieren und in ein adäquates Verhalten umsetzen kann. Zu diesem Zweck müssen Erkenntnisse zur Entwicklung der kognitiven Fähigkeiten herbeigezogen werden. Diese werden in Kapitel IV thematisiert.

### III. Motorik

#### 1. Motorische Fertigkeiten und Fähigkeiten

Als **motorische Fertigkeiten** werden die sichtbaren Bewegungsmuster (z. B. Laufen, Klettern, Haltung, etc.) verstanden. Sie werden erlernt, absichtlich ausgeführt und beinhalten motorische oder muskuläre Komponenten. Die **motorischen Fähigkeiten** umfassen die Steuerungs- und Funktionsprozesse, welche der Haltung und den Bewegungen zugrunde liegen. Zu diesen Prozessen gehören neben den physiologischen Voraussetzungen wie Muskelkraft und Ausdauer auch sensorische, wahrnehmungsbezogene, kognitive und motivationale Vorgänge. Ein Sprung über einen Graben bedingt beispielsweise nicht nur die notwendige Kraft, sondern auch das richtige Einschätzen der Entfernung [30-32].

Als **Grobmotorik** werden die Aktivitäten grösserer Muskelgruppen bezeichnet, die in der Regel mit einer Bewegung des gesamten Körpers verbunden sind (z. B. Rennen, Klettern, Springen, Werfen, Fangen, Balancieren) [31]. Die **Feinmotorik** bezieht sich auf koordinierte und meist kleinräumige Bewegungen einzelner Körperteile, vor allem der Hände. Die Grundformen der Bewegungen werden im Kleinkindalter erworben und danach zunehmend ausdifferenziert und verbessert [33]. Im ersten Lebensjahr kommt es zu einem permanenten Zuwachs an grob- und feinmotorischen Leistungen, die schliesslich zum Gehen und Greifen führen. Über die Jahre entwickeln sich die grundlegenden motorischen Fähigkeiten (Kraft, Gleichgewicht, Koordination, usw.) stetig weiter, so dass immer bessere Leistungen im Laufen, Springen, Werfen, Balancieren etc. resultieren. Auch das motorische Aktivitätsniveau der Kinder nimmt kontinuierlich zu. Es dürfte seinen Höhepunkt mit ca. 7 bis 8 Jahren erreichen. Die individuellen Unterschiede in der motorischen Entwicklung sind sehr gross, so dass es schwierig ist, generelle Angaben über den Zeitpunkt des Erreichens bestimmter Entwicklungsschritte zu machen [3]. Bei den Altersangaben (vgl. Tabelle 3 und 4)

Motorische Fertigkeit	Durchschnittsalter	Altersbereich
Kopf aufrecht halten	6 Wochen	3 Wochen–4 Monate
In Bauchlage selber mit Armen abstützen	2 Monate	3 Wochen–4 Monate
Aus Seitenlage auf Rücken drehen	2 Monate	3 Wochen–5 Monate
Nach Bauklotz greifen	3 Monate, 3 Wochen	2–7 Monate
Von Rückenlage auf Seite drehen	4 Monate, 2 Wochen	2–7 Monate
Allein sitzen	7 Monate	5–9 Monate
Krabbeln	7 Monate	5–11 Monate
Sich zum Stehen aufrichten	8 Monate	5–12 Monate
Allein stehen	11 Monate	9–16 Monate
Ohne Hilfe gehen	11 Monate, 3 Wochen	9–17 Monate
Turm aus zwei Bauklötzen bauen	11 Monate, 3 Wochen	10–19 Monate
Kritzelt viel	14 Monate	10–21 Monate
Ohne Hilfe Treppe hinaufklettern	16 Monate	12–23 Monate
Auf der Stelle hüpfen	23 Monate, 2 Wochen	17–30 Monate
Auf Zehenspitzen gehen	25 Monate	16–30 Monate

Quellen: [2–5]

werden deshalb oft Durchschnittsalter und Altersbereiche angegeben.

Die Motorik ist eng mit Aspekten der Wahrnehmung und der Kognition verbunden. Zur **Visuomotorik** werden (perzeptiv-motorische) Prozesse gezählt, bei denen visuelle Informationen für die Steuerung von Körperbewegungen genutzt werden. Ein Bereich aus der Visuomotorik ist die **Auge-Hand-Koordination**. Hierbei geht es um die visuelle Steuerung von Arm-, Hand- oder Fingerbewegungen. Die ersten grossen Entwicklungsschritte in diesem Bereich sind das gezielte Greifen, antizipatorische (vorausschauende) Hand- und Fingerbewegungen sowie der Präzisionsgriff (Gegenstand mit Daumen und Zeigefinger

greifen können), welche sich alle in der zweiten Hälfte des ersten Lebensjahres entwickeln. Die Visuomotorik generell verbessert sich im Laufe der Kindheit kontinuierlich. Es zeigen sich quantitative Verbesserungen bezüglich 1) der Geschwindigkeit der Vorbereitung und Ausführung von Zielbewegungen, 2) der räumlichen und zeitlichen Genauigkeit und 3) der Konsistenz der Bewegungsausführung. Diesen quantitativen Veränderungen liegen teilweise qualitative Veränderungen zugrunde, d. h. Veränderungen in der Art der Bewegungssteuerung. Eine Studie, welche qualitative Veränderungen so untersuchte, dass Kinder möglichst schnell auf Ziele unterschiedlicher Grösse und Entfernung zeigen mussten (Fortschritte bis ca. 11 Jahre), kam zum

**Tabelle 4**  
**Motorische Entwicklung im Kindes- und Jugendalter**

Alter	Fähigkeiten und Fertigkeiten
2–3 Jahre	Geht rhythmischer, schnelles Gehen wird zu Laufen. Springt, hüpf, wirft und fängt mit steifem Oberkörper. Stösst Spielauto mit Füßen ab. Kann ein wenig steuern.
Ab 3 Jahren	Deutliche Beschleunigung beim Laufen, grössere Wendigkeit und Geschicklichkeit. Rückwärts gehen, auf Zehen stehen, zu Musik tanzen, auf schmalen Balken balancieren
3–4 Jahre	Mit abwechselnden Beinen Treppe hochsteigen und mit einem führenden Bein Treppe hinunter. Springt und hüpf mit biegsamem Oberkörper. Wirft und fängt Ball mit leichter Beteiligung des Oberkörpers, Ball wird noch gegen Brustkorb geklemmt. Steuert Dreirad, tritt in Pedale. Feinmotorik: Knöpfe auf- und zumachen; ohne Hilfe essen; Schere benutzen; Kreise und senkrechte Linien kopieren; Kopffüssler.
4–5 Jahre	Mit abwechselnden Beinen Treppe hinuntergehen; läuft geschmeidiger; galoppiert und hüpf auf einem Bein; Ball werfen mit stärkerer Körperdrehung und Gewichtsverlagerung; fängt Ball mit Händen; fährt schnell auf Dreirad und steuert es flüssig. Feinmotorik: Erfolgreich Gabel benutzen; mit Schere Linie nachschneiden; Dreieck, Kreuz und einige Buchstaben kopieren.
5–6 Jahre	Gleichgewicht hat sich weiterentwickelt. Stehen auf einem Bein, Bälle rollen und auffangen. Voraussetzungen für Erlernen von Schwimmen, Roller- und Velofahren gegeben. Lläuft schneller; galoppiert geschmeidiger; hüpf richtig auf einem Bein; ausgereifte Wurf- und Fangmuster; Fahrradfahren mit Stützrädern. Feinmotorik: Messer benutzen um weiche Nahrung zu schneiden; Schnürsenkel binden; Strichmännchen mit sechs Teilen zeichnen; manche Zahlen und einfache Wörter kopieren
6–10 Jahre	Schnelle Zunahme der motorischen Lernfähigkeit. Interindividualität in Entwicklung tritt in dieser Phase besonders deutlich hervor. Individuelle Unterschiede in konditioneller Entwicklung können innerhalb dieses Altersabschnitts bis zu 4 J. betragen. Es gibt gleichmässig-dynamische, teilweise stagnierende und auch kaum vorhandene motorische Leistungsentwicklungen. Bewusstsein für Position des Körpers im Raum entwickelt sich immer mehr.
10–13 Jahre (Mädchen 10–12, Knaben 10–13 J.)	Phase der besten motorischen Lernfähigkeit in der Kindheit. Gute Schnellkraft- und Schnellkeitsleistungen. Fortschritte in Flexibilität (gelenkiger), Gleichgewicht (z.B. für schnelle Richtungswechsel im Ballspiel), Geschicklichkeit, Körperkraft (z.B. weiter springen).
11–15 Jahre (Mädchen 11/12–3/14 J., Knaben 12/13–14/15 J.)	Phase der Umstrukturierung. Steigerung der Trainierbarkeit konditioneller Fähigkeiten. Gesteigertes Längenwachstum (oft asynchron, zuerst Extremitäten) wobei sich Körperproportionen verschieben. Steuerung der Motorik wird beeinträchtigt (plumper, schwerfälliger, schlaksiger). Grosse individuelle Unterschiede, auch in Einstellung zu Bewegung. Rückzug von Sport führt zu Stagnation motorischer Entwicklung.
13–19 Jahre (Mädchen 13–16/17, Knaben 14/15–18/19J.)	Phase der sich ausprägenden geschlechtsspezifischen Differenzierung, der fortschreitenden Individualisierung und der zunehmenden Stabilisierung.

Quellen: [2–5]

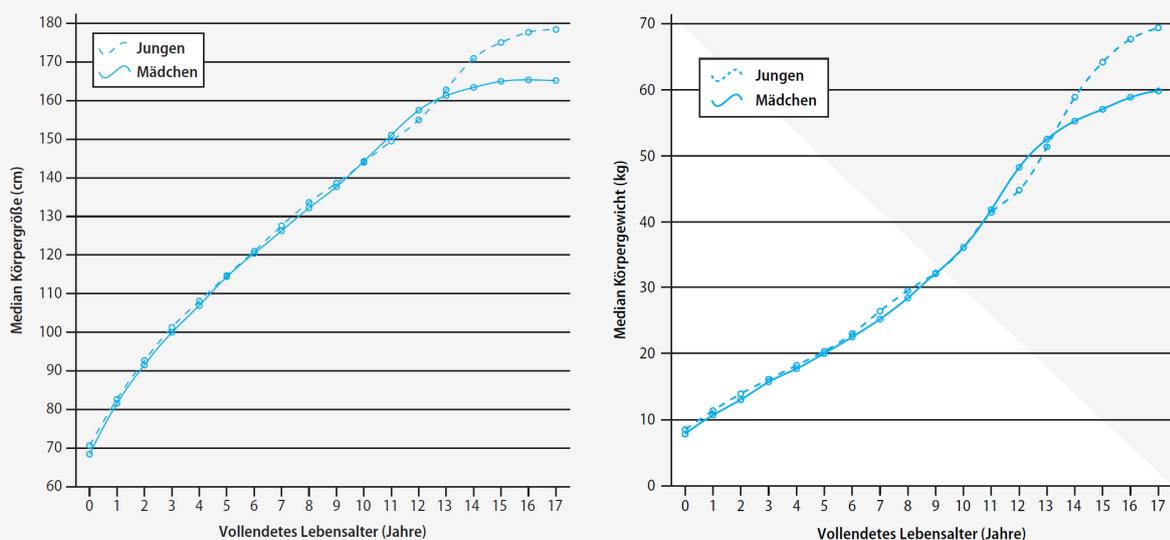
Schluss, dass die Geschwindigkeitszuwächse bis zum 8. Lebensjahr auf Verbesserungen der muskulären Koordination basieren, danach eher auf verbesserten Informationsverarbeitungsprozessen [3]. Die kognitive Komponente betrifft sowohl den Lernprozess wie auch die Handlungskompetenz selber. Beim Lernprozess müssen oft sprachliche Anweisungen umgesetzt werden können (z. B. beim Schuhe binden lernen). Eine Handlung (z. B. Ausschneiden einer Vorlage) bedingt immer auch Planungs- und Entscheidungsprozesse, die sich als Funktion der wachsenden kognitiven Fähigkeiten weiterentwickeln [34].

Unter dem Begriff **Propriozeption** wird der **Bewegungssinn** verstanden bzw. das **Körpergefühl**. Es handelt sich dabei um die Wahrnehmung der eigenen Körperbewegung und -lage im Raum. Zur Entwicklung der Wahrnehmung der eigenen Bewegungen konnte leider keine übersichtliche Literatur gefunden werden. Das Bewusstsein für die Position des eigenen Körpers im Bezug zum Raum sowie das Verständnis für räumliche Konzepte wie z. B. die Lokalität von Objekten scheint sich zwischen 6 und 12

Jahren zu entwickeln. Die Unterscheidung von links und rechts entwickelt sich individuell zwischen 5 und 10 Jahren. Mit 8 Jahren können die meisten Kinder angeben, ob sich ein Ball links oder rechts ihres Körpers, mit 9 Jahren, ob er sich links oder rechts von einem anderen Objekt befindet [35].

Mit der vestibulären Wahrnehmung (Gleichgewichtssinn) wird das **Gleichgewicht** reguliert. Das visuelle System kann dabei unterstützend wirken. Bis ca. 5 Jahre verlassen sich Kinder für das Halten der Balance stark auf visuelle Informationen. Wenn sie die Augen schliessen müssen, verlieren sie das Gleichgewicht. Später werden propriozeptive und vestibuläre Informationen allmählich wichtiger (z. B. Bewegung unter den Füßen spüren), visuelle Informationen verlieren an Bedeutung. Kommt es zu einem sensorischen Konflikt (z. B. propriozeptives System signalisiert Bewegung, visuelles System aber nicht), werden 4- bis 6-Jährige stärker destabilisiert als Erwachsene [36]. Da der Kopf eines Kindes im Verhältnis zur Körpergröße grösser und schwerer ist als bei Erwachsenen, ist es für Kinder generell

**Abbildung 1**  
Körpergröße und Körpergewicht (Median) nach Alter und Geschlecht



Quelle: [1]

schwieriger, das Gleichgewicht zu halten [37]. Die Mittelwerte (Median) von **Körpergrösse und Gewicht** nach Geschlecht und Altersjahr sind in Abbildung 1 dargestellt (Angaben aus Deutschland, 2007).

Bezüglich der **Selbsteinschätzung** weisen schon Kleinkinder erstaunliche Fähigkeiten auf, ihr Handeln an die Anforderungen der Situation anzupassen. Dennoch überschätzen sie oft, was sie mit ihrem Handeln erreichen können. In einer Studie versuchten Kleinkinder z. B. vom Kindersitz aus nach Objekten zu greifen, welche so weit entfernt waren, dass sie ohne Gurt aus dem Sitz gefallen wären. In einer anderen Studie überschätzten auch 9- bis 12-jährige Knaben konsequent, welche Höhe von Stufen sie hochklettern konnten. Erwachsenen gelang die Einschätzung ziemlich genau, aber auch sie wiesen noch eine Tendenz zur Überschätzung auf. Die Resultate lassen vermuten, dass Kinder die Grenzen ihrer Fähigkeiten als unscharf wahrnehmen. Bei Unsicherheit scheinen sie sich tendenziell zu überschätzen. Im Bereich der Unfallforschung wird vermutet, dass Kinder eher dann Fehleinschätzungen treffen, wenn sie mit einer Aktivität konfrontiert werden, die knapp über ihren Fähigkeiten liegt (z. B. wenn ihnen die Aufgabe schon einmal gelungen ist, sie diese aber noch nicht immer meistern können). In einer Studie erhielten Kinder die Möglichkeit, ihre Selbsteinschätzung bzgl. ihrer Reichhöhe (z. B. Spielzeug von Tablar nehmen, das knapp zu hoch war) zu verbessern, indem sie bei einer Testaufgabe Erfahrungen sammeln konnten. 8-Jährige wurden danach genauer im Urteil, 6-Jährige profitierten jedoch nicht davon und überschätzten sich noch immer [38].

Die frühkindliche Entwicklung der Motorik ist nicht ausschliesslich das Ergebnis von Reifungsprozessen. Es wurde gezeigt, dass der Zeitpunkt, zu dem verschiedene grobmotorische Meilensteine (z. B. Sitzen

oder zu Gehen) erreicht werden, durch regelmäßige motorischen **Übungen** mit dem Kind deutlich vorverlagert werden kann. Die Verbesserungen scheinen v. a. die Stütz- und Bewegungsmuskulatur zu betreffen. Ob sich eine Beschleunigung der motorischen Entwicklung im Kindesalter längerfristig auf das maximal erreichbare Fähigkeits- und Fertigniveau auswirkt und inwieweit man auch den Aufbau koordinativer Fähigkeiten beschleunigen kann, ist zurzeit noch nicht geklärt. Die Tendenz geht dahin, dass sich die Vorverlagerung oder Verzögerung des Erreichens von Meilensteinen nicht nachhaltig auf die weitere Entwicklung auswirkt, dass aber eine frühzeitige systematische (sport-)motorische Förderung das zu erreichende Maximalniveau nach oben verschieben kann [3].

## 2. Fazit Motorik

Die motorische Entwicklung umfasst einen grossen Bereich an Fertigkeiten und Fähigkeiten. In der Literatur werden oft sehr spezifische Bewegungsformen untersucht (gehen, sitzen, Treppen steigen). Für die Unfallprävention dürfte jedoch eine Unmenge an Bewegungsformen relevant sein bzw. eine Kombination von vielen Teilbewegungen (z. B. Welche Höhe eines Geländers kann ein Kind überklettern? Wann kann ein Kind einhändig Fahrrad fahren? Wann kann ein Kind aus dem Lauf am Strassenrand abrupt stehen bleiben?), so dass in dieser Arbeit kein umfassender Überblick gegeben werden konnte. Für spezifische Fragestellungen müsste gezielt recherchiert und allenfalls eigene Forschung betrieben werden, zumal in Bezug auf die motorischen Fähigkeiten (z. B. Visuomotorik, Propriozeption, etc.) nur wenig konkrete Altersangaben gefunden werden konnten. Es gibt Hinweise, dass die Entwicklung gewisser Fähigkeiten und Fertigkeiten durch gezieltes Training beschleunigt und das maximale Leistungs-

niveau verbessert werden kann. Generell scheinen die individuellen Unterschiede in der Entwicklung recht gross zu sein.

Deutlich wird beim Studium der Materie eine enge Verflechtung von Motorik, Wahrnehmung und Kognition. Dies gilt es auch für die Unfallprävention zu berücksichtigen. In diesem Kontext reicht es nicht aus, dass ein Kind eine Bewegung richtig ausführen kann. Es muss auch einschätzen können, wann es mit der Bewegung beginnen oder diese unterbrechen muss, wieviel Kraft es aufwenden muss, ob es die Bewegung in der Richtung anpassen muss, etc. Generell scheinen Kinder ihre Leistungsgrenzen eher zu überschätzen.

Es lassen sich folgende Vermutungen ableiten:

1. Es ist nicht möglich, aufgrund der in der entwicklungspsychologischen Literatur erwähnten *spezifischen* Fähigkeiten und Fertigkeiten konkrete Fragestellungen der Unfallprävention zu beantworten. Für die Praxis müssten die konkret interessierenden Bewegungsformen bzw. Bewegungskombinationen in spezifischen Kontexten untersucht werden.
2. Notwendig ist jeweils eine umfassende Betrachtung der motorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten in Kombination mit der Wahrnehmung und der Kognition. Zu diesem Zweck muss vermutlich direkt das interessierende Verhalten beobachtet werden.

# IV. Kognitive Fähigkeiten

Der Begriff **Kognition** wird nicht einheitlich definiert. Die kognitive Psychologie versteht darunter in der Regel jene Funktionen, die der Aufnahme, der Verarbeitung und der Nutzung von Informationen zugrunde liegen. Dazu gehören die Aufmerksamkeit, die Wahrnehmung, das Gedächtnis, die Sprache, das Denken und Problemlösen [39]. **Exekutive Funktionen** umfassen jene Fähigkeiten, mit denen Kognitionen und Handlungen kontrolliert und gesteuert werden können. Dazu gehören u. a. das Setzen von Prioritäten, die Impulskontrolle, die bewusste Aufmerksamkeitssteuerung, das Initiieren, Koordinieren und Sequenzieren von Handlungen sowie die motorische Umsetzung und Selbstkorrektur.

Im Folgenden wird die Entwicklung der Aufmerksamkeit und der exekutiven Funktionen aufgezeigt, zwei der zentralsten kognitiven Fähigkeiten.

## 1. Aufmerksamkeit

**Aufmerksamkeit** ist die Fähigkeit, das Bewusstsein auf einen Reiz, Gedanken oder eine Handlung zu fokussieren während dem andere, irrelevante Reize, Gedanken und Handlungen ignoriert werden. Die Aufmerksamkeit kann absichtlich auf eine Sache ausgerichtet werden (top-down, zielgerichtet) oder

reflexiv (bottom-up, durch einen Reiz angezogen), wenn ein sensorisches Ereignis wie z. B. ein lautes Geräusch die Aufmerksamkeit auf sich zieht [40]. Im ersten Lebensjahr ist die Aufmerksamkeit stark reflexiv gesteuert. Mit der Zeit gelingt die zielgerichtete Aufmerksamkeit immer besser. Mit ca. 6-8 J. haben Kinder ein erwachsenenähnliches, bewusstes Aufmerksamkeitssystem entwickelt [41,42]. Bei diesem Aufmerksamkeitssystem handelt es sich um ein kompliziertes Netzwerk von ineinandergreifenden Subsystemen [43]. Dies erschwert die Unterteilung und Erforschung der einzelnen Aufmerksamkeitsfunktionen. Wohl aus diesem Grund finden sich in der Literatur unterschiedliche Differenzierungen dieser Funktionen. Auch die von den Entwicklungspsychologen verwendeten Laboraufgaben scheinen die einzelnen Funktionen nicht trennscharf zu erfassen. Die Erarbeitung alterssensitiver Aufgaben, d. h. Aufgaben, welche tatsächliche Entwicklungsunterschiede in derselben Aufmerksamkeitsfunktion aufzeigen können, scheint ebenfalls Schwierigkeiten zu bereiten [44].

Unter dem Begriff Aufmerksamkeitsaktivierung (Alertness) wird die Fähigkeit verstanden, kurzfristig eine allgemeine Reaktionsbereitschaft herzustellen [45]. In Laborstudien wird sie anhand der Reaktionszeit auf dargebotene Reize gemessen, entweder

**Tabelle 5**  
**Entwicklung der Aufmerksamkeit**

Alter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Aufmerksamkeitsaktivierung (Alertness)	Von 5-11 J. deutliche Steigerung in der Reaktionszeit																	
Daueraufmerksamkeit & Vigilanz	Grosse Fortschritte zw. 3 und 5 Jahren. Abhängig von Aufgabenschwierigkeit																	
Selective Aufmerksamkeit	Grosse Fortschritte zw. 2 und 6 Jahren. Aber auch danach noch zu starke Beachtung irrelevanter Reize																	
Geteilte Aufmerksamkeit	Priorisierung der Aufmerksamkeitsressourcen bereitet längere Zeit Schwierigkeiten																	
	Grosser Teil der Entwicklung abgeschlossen						Weitere relativ bedeutsame Fortschritte						Geringe Fortschritte					

mit Warnhinweis (phasische Alertness) oder ohne (tonische Alertness). Von 5 bis 11 Jahren kommt es zu einer deutlichen Steigerung in der Reaktionszeit. Das Erwachseneniveau wird ab ca. 14 Jahren erreicht. Bei jüngeren Kinder (6-8 J.) finden sich sehr grosse interindividuelle Unterschiede [46].

Die **Daueraufmerksamkeit** (bei häufigen Reizen) und die **Vigilanz** (bei monotonen Aufgaben mit seltenen Reizen) werden als Fähigkeit definiert, relevante Reize über einen längeren Zeitraum zu beachten und darauf zu reagieren [45]. Es finden sich in der Literatur unterschiedliche Angaben zur Altersspanne, in welcher die grössten bzw. rasantesten Entwicklungsfortschritte geschehen. Oft werden die grössten Fortschritte zwischen 3 und 5 Jahren geortet (z. B. [43], teilweise aber auch zwischen 5 und 8 Jahren [47]). Vermutlich hängen diese Unterschiede mit dem Untersuchungsdesign bzw. der gewählten Aufgabenschwierigkeit zusammen. Bei einfacheren, monotoneren Aufgaben dürften frühere Fortschritte geortet werden. Unabhängig vom Alter zeigt sich generell, dass die Aufmerksamkeit bei anspruchsvollen Aufgaben weniger lange aufrechterhalten werden kann als bei einfacheren [47]. Wie die Entwicklung nach der intensivsten Entwicklungsphase verläuft, ist nicht eindeutig geklärt. Eine Forschergruppe berichtet, dass es von ca. 10 bis 13 J. nur noch zu geringen Verbesserungen komme [47]. Andere finden auch später noch Fortschritte [46].

Die **selektive (fokussierte) Aufmerksamkeit** ist die Fähigkeit, bestimmte Merkmale einer Aufgabe oder einer Situation auszuwählen, schnell und zuverlässig auf die ausgewählten Reize zu reagieren und sich durch irrelevante oder unwichtige Reize nicht ablenken zu lassen [45]. Sie steht in engem Zusammenhang mit der visuellen Suche (Kap. II.2). Die selektive Aufmerksamkeit ist notwendig, um sich zielgerichtet

verhalten zu können. Sie entwickelt sich in den ersten 2 Lebensjahren langsam, mit deutlichen Fortschritten bis ca. zum 6. Altersjahr [43]. Ältere Kinder (7-9 Jahre) lassen sich weniger stark durch externe Reize von einer Aufgabe ablenken als jüngere (4 Jahre) [48]. In anspruchsvollen Aufgaben zeigt sich aber, dass auch Kinder im Schulalter noch zu viel Aufmerksamkeit auf irrelevante und zu wenig auf relevante Informationen verwenden. In typischen Laborexperimenten müssen sich die Kinder auf eine Objektklasse (z. B. jeweils das Tier auf der Aufgabenkarte) konzentrieren und die andere (z. B. die Pflanze auf derselben Aufgabenkarte) ignorieren. 13-Jährige können sich dabei besser an die Zielkategorie erinnern als 10- und 7-Jährige. Die jüngeren Kinder hingegen erinnern sich besser als die älteren an die irrelevante Kategorie. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass ältere Kinder ihre Aufmerksamkeit besser in Übereinstimmung mit den Aufgabenanforderungen ausrichten können als jüngere [49]. Es wird vermutet, dass die Impulsivität von Kindern mit Schwierigkeiten in der selektiven Aufmerksamkeit (und der visuellen Suche) zusammenhängt, d. h. mit ihrer Anfälligkeit, sich von irrelevanten Reizen ablenken zu lassen [50].

Die **geteilte Aufmerksamkeit** wird als Fähigkeit definiert, die Aufmerksamkeit auf mehrere Reize zu richten oder verschiedene Tätigkeiten gleichzeitig auszuführen, z. B. im Strassenverkehr verschiedene Gefahren im Auge behalten oder Musik hören und einen Brief schreiben. Voraussetzung ist die selektive Aufmerksamkeit, da die Aufmerksamkeit auf mehrere Reize (teils bewusst, teils unbewusst) gelenkt wird [51]. Es wird davon ausgegangen, dass die Aufmerksamkeit und die Kapazität der Informationsverarbeitung limitiert sind, so dass es gilt, diese Ressourcen optimal zwischen den verschiedenen Inputs oder Aufgaben aufzuteilen, Prioritäten zu setzen oder den Fokus der Aufmerksamkeit schnell hin und her zu

wechseln [50,52]. In Laboraufgaben müssen oft zwei Aufgaben gleichzeitig (Dual-Task) gelöst oder zwischen zwei oder mehr Aufgaben hin- und hergewechselt (Task-Switching) werden. Gemessen werden die Korrektheit der Antworten oder die Reaktionszeit (Zeitkosten beim Aufgabenwechsel). Eine Studie mit Dual-Task Aufgaben kam zum Schluss, dass 8-Jährige beim Lösen zweier Aufgaben nicht schlechter abschneiden als 11-Jährige, wenn die beiden Aufgaben gleich wichtig sind. Weist eine Aufgabe aber eine höhere Priorität auf, können nur die 11-Jährigen ihre Aufmerksamkeit unterschiedlich zuteilen. Die Autoren schlussfolgern, dass jüngere Kinder mehr Schwierigkeiten haben, ihre Aufmerksamkeitsausrichtung zu koordinieren und kontrollieren [53]. In Task-Switching Aufgaben zeigt sich, dass Kinder wie Erwachsene beim Aufgabenwechsel eine längere Reaktionszeit aufweisen. Mit zunehmendem Alter gelingt der Aufgabenwechsel aber immer besser [54].

Die bisher erwähnten Komponenten der Aufmerksamkeit sind keine homogenen Konstrukte, d. h., sie **bedingen neben der reinen Aufmerksamkeitskapazität weitere kognitive Funktionen**. So beansprucht die Daueraufmerksamkeit beispielsweise auch das Erinnern an die Regeln der Aufgabe (Arbeitsgedächtnis), das Unterdrücken von vorschnellen oder automatischen Reaktionen (Inhibition) und ein Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus entsprechend der Aufgabenanforderung (Switching). Diese Funktionen werden zu den exekutiven Funktionen gezählt, den höheren kognitiven Prozessen mit denen das

Denken und Handeln gesteuert wird [55]. Die hergeleiteten Erkenntnisse über die Entwicklung der Aufmerksamkeit dürften also nicht die reine Aufmerksamkeit widerspiegeln, wie sie umgangssprachlich verstanden wird (im Sinne der Konzentration), sondern die Aufmerksamkeit in Kombination mit exekutiven Funktionen. Da in der realen Umwelt die Aufmerksamkeit selber gesteuert werden muss und die Aufgabe nicht wie im Laborexperiment vorgegeben wird, kommt den exekutiven Funktionen für die praktische Unfallprävention sowieso eine wichtige Bedeutung zu – zumal diese nicht nur die Aufmerksamkeit und das Denken steuern sondern auch das Verhalten.

## 2. Exekutive Funktionen

Als exekutive Funktionen (auch kognitive Kontrolle genannt) werden übergeordnete kognitive Prozesse zusammengefasst, die sensorische, motorische, emotionale und kognitive Prozesse so modulieren bzw. verändern, dass eine optimale Anpassung an die aktuelle Aufgabe, Zielsetzung oder Situation möglich ist [3]. Exekutive Funktionen sind im Frontalhirn lokalisiert, einem Teil des Gehirns, der sich relativ langsam und über einen verhältnismässig langen Zeitraum entwickelt. Die exekutiven Funktionen verbessern sich über die Kindheit und Jugend bis ins frühe Erwachsenenalter hinein. Dies lässt sich auch mit neurowissenschaftlichen Methoden nachweisen. Mittels EEG oder bildgebenden Verfahren zeigt sich, dass bei Kleinkindern bei solchen Aufgaben sehr viele Hirnregionen aktiviert werden (globale Aktivität). Bei 4-Jäh-

**Tabelle 6**  
**Entwicklung der exekutiven Funktionen**

Alter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Inhibition	Grosse Entwicklungsschritte im Vorschulalter, in der Adoleszenz Schwierigkeiten in emotionalen Situationen																	
Arbeitsgedächtnis	Linearer Anstieg bis in die Adoleszenz																	
Shifting / Aufgabenwechsel	Bei einfachen Aufgaben gelingt der Aufgabenwechsel ab 3- bis 4 Jahren. Eigene Fehler werden erst mit ca. 12 Jahren entdeckt.																	
Planung	Grösste Fortschritte in später Kindheit oder Adoleszenz																	
	Grosser Teil der Entwicklung abgeschlossen						Weitere relativ bedeutsame Fortschritte						Geringe Fortschritte					

rigen ist die Aktivität bereits viel lokaler sichtbar, d. h. auf wenige Hirnregionen fokussiert, bei 8-Jährigen ist dies noch deutlicher der Fall. Aus diesen neurowissenschaftlichen Verfahren lässt sich ableiten, dass es in der Vorschulzeit zu qualitativen Veränderungen im Gehirn (andere beanspruchte Strukturen) kommt und deshalb zu grossen Entwicklungsschritten in den exekutiven Funktionen. Die späteren Fortschritte sind subtilere Verfeinerungen quantitativer Art (Abnahme der Aktivität in den zuständigen Gehirnregionen, d. h. mehr Effizienz) [44].

Unter dem Begriff **Inhibition** wird in der Regel die Fähigkeit verstanden, dominante, automatische Reaktionen zu unterdrücken. Sie umfasst aber auch die Kontrolle von Störungen, das absichtliche Vergessen, die Kontrolle der eigenen Emotionen und der Motorik [49]. Grundsätzlich geht es also darum, auf Basis des eigenen Willens statt auf Basis von Impulsen zu handeln, in dem Selbstkontrolle ausgeübt wird und unangemessene Reaktionen unterdrückt werden [56] [57]. Der erste Entwicklungssprung ereignet sich in der Vorschulzeit. Mit 4 Jahren zeigen Kinder Anzeichen von erfolgreicher Inhibition in einfachen (z. B. nur Reaktion hemmen) und komplexeren (z. B. Reaktion hemmen und alternative Reaktion zeigen) Inhibitions-Aufgaben [49]. Auch die Regulation der eigenen Emotionen oder der Belohnungsaufschub (z. B. entweder ein Marshmallow jetzt oder zwei nach 15 min Wartezeit) gelingen nun immer besser [3]. Mit den Fortschritten in der Inhibition werden auch die Leistungen in diversen kognitiven Aufgaben besser, wie z. B. in der selektiven Aufmerksamkeit, dem Gedächtnis oder in verbalen Aufgaben [49]. Von 5 bis 8 Jahren kommt es zu weiteren Fortschritten, v. a. in Aufgaben, welche die Inhibition und das Arbeitsgedächtnis (Information behalten und manipulieren) kombinieren. Auch in der mittleren Kindheit und (bei

sehr komplexen Aufgaben) bis in die Adoleszenz werden noch Fortschritte gefunden. Hierbei handelt es sich v. a. um Verfeinerungen in der Geschwindigkeit und Fehlerfreiheit [44,58].

Vermutlich wurden in den erwähnten Studien zur Entwicklung der Inhibition in der **Adoleszenz** logische, rationale Aufgaben im Labor verwendet. In emotionalen Kontexten dürfte die Entwicklung anders aussehen. In der Adoleszenz kommt es nämlich zu einer grundlegenden Reorganisation des Gehirns. Jene Areale, welche die Emotionen und das Belohnungssystem enthalten, entwickeln sich früher als die präfrontalen Hirnstrukturen, in denen das kognitive Kontrollsystem lokalisiert ist. Aus diesem Grund kann es zu Situationen kommen, in denen das Belohnungssystem die Oberhand gewinnt und die Inhibition nicht gelingt. Adoleszente sind nicht generell unfähig, rationale Entscheidungen zu treffen. Aber in emotionalen Situationen (z. B. in Anwesenheit Gleichaltriger, bei Aussicht auf Belohnung) wird das Verhalten stärker durch Belohnungen und Emotionen beeinflusst als durch rationale Entscheidungsprozesse. In Fragebogenstudien zeigt sich z. B., dass Jugendliche Risiken rational ähnlich gut einschätzen können wie Erwachsene, sie sich aber dennoch riskanter verhalten, weil für sie die Anerkennung der Peers bedeutsamer ist [59]. Zudem scheinen sie bei Entscheidungen kurzfristige Konsequenzen stärker zu gewichten als langfristige [60].

Das **Arbeitsgedächtnis** beinhaltet die Fähigkeit, Informationen über eine kurze Zeit zu behalten und zu manipulieren (mit der Information arbeiten). Zwischen 4 bis 15 Jahren kommt es zu einem linearen Anstieg – d. h. eine stetige Entwicklung und kein grosser Entwicklungssprung wie bei der Inhibition im Vorschulalter. Die Entwicklung dürfte sogar über

das 15. Altersjahr hinausgehen. Auch hier beeinflusst die Komplexität der Laboraufgabe die Leistung. Müssen Kinder beispielsweise am Computer an mehreren Orten versteckte Objekte suchen und sich merken, wo sie bereits ein Objekt gefunden haben, zeigt sich, dass 4-Jährige gleich gut sind wie Jugendliche, wenn es sich um zwei Orte handelt. Sie können sich also zwei Dinge simultan merken. Wird die Gedächtnisbelastung aber erhöht (z. B. 6 Orte merken) wird deutlich, dass die Entwicklung des Arbeitsgedächtnisses bis in die Adoleszenz andauert [44,58].

«**Shifting**» oder «**Aufgabenwechsel**» ist eine weitere Komponente der exekutiven Funktionen. Sie umfasst die Fähigkeiten, zwischen mentalen Zuständen, Handlungen oder Aufgaben zu wechseln, also z. B. sein Verhalten schnell und flexibel an eine veränderte Situation anzupassen. In klassischen Laborexperimenten müssen Bildkarten entsprechend einer Dimension (z. B. Form) sortiert werden, worauf es positives oder negatives Feedback gibt. Irgendwann wird die Regel geändert (z. B. sortieren nach Farbe) ohne dass der Versuchsperson dies mitgeteilt wird. Anhand des Feedbacks muss sie die Regeländerung bemerken und sie umsetzen. Dies bedingt die Inhibition des vorherigen mentalen Zustands (an die Form denken) und ein Wechsel der Handlung. Auch diese Fähigkeit verbessert sich mit zunehmendem Alter. 3- bis 4-Jährige können erfolgreich zwischen zwei einfachen Regeln wechseln, wenn wenig Inhibition beansprucht wird. Bei komplexeren Aufgaben zeigen sich weitere Fortschritte bis in die Adoleszenz. Einige Forschende weisen darauf hin, dass der verlangte Aufgabenwechsel früher entdeckt werden könne als die eigenen Fehler. 8- bis 10-Jährige würden in komplexen Aufgaben beispielsweise merken, dass die Regel nun ändert. Sie würden danach aber nicht merken, wenn sie einen

Fehler machen und noch immer die alte Regel anwenden. Während der Adoleszenz (12–14 Jahre) wird deutlich, dass die Jugendlichen ihre Fehler überwachen können [44,58].

Die **Planung** ist ein wichtiger Aspekt zielgerichteten Verhaltens. Sie beinhaltet die Fähigkeit, eine Handlung im Voraus zu entwerfen und die Aufgabe in einer organisierten, strategischen und effizienten Art und Weise anzugehen. In Laboraufgaben müssen die Kinder mehrere Handlungsschritte im Voraus vorbereiten, ihre Handlungen evaluieren und wenn nötig die Richtung ändern. Am häufigsten werden Aufgaben verwendet, bei denen farbige Teile zwischen drei Stäben hin und her bewegt werden müssen, so dass am Schluss auf einem Stab ein vorgegebenes Muster entsteht («Tower of London»). Die Versuchsperson muss sich das vorgegebene Muster merken, eine Strategie kreieren (Sequenz der Handlungsschritte) und den Fortschritt nach jedem Handlungsschritt prüfen. Die Aufgabenschwierigkeit kann erhöht werden, indem mehr Schritte notwendig sind, um das Ziel zu erreichen. 4-Jährige können Aufgaben mit zwei Schritten lösen, 8-Jährige solche mit drei Schritten. Das Entwerfen von komplexeren Plänen mit 4 oder 5 Schritten entwickelt sich bis in die späte Kindheit oder Adoleszenz. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die Fähigkeit zur Planung bis in die Adoleszenz hinein entwickelt [58].

Es gibt verschiedene Hinweise, dass **exekutive Funktionen trainierbar** sind. Sowohl mit Computer-Trainingsprogrammen, Anleitung durch Lehrpersonen [61], wie auch mit Aerobic und Sport [62] konnten Fortschritte erreicht werden. Ebenfalls hilfreich scheinen Pläne mit Selbstinstruktionen zu sein (z. B. beim Marshmallow-Experiment «Ich muss warten, damit ich nachher einen grösseren Preis bekomme»). Vorschul-

kinder, welche diese einsetzen, scheinen sich erfolgreicher kontrollieren zu können. Aus diesem Grund wird empfohlen, Kindern bei der Entwicklung solcher Pläne und Selbstinstruktionen zu helfen (z. B. «Wenn du glaubst, du müsstest den Kuchen essen, sagst du dir, keinen Kuchen bevor Mama heimkommt.») [63].

### 3. Fazit Kognitive Fähigkeiten

Bis zum Alter von ca. 6 Jahren haben Kinder grosse Fortschritte in verschiedenen Bereichen der Aufmerksamkeit gemacht. Die Entwicklung dauert aber noch längere Zeit an. Dies zeigt sich insbesondere bei anspruchsvolleren Aufgaben: Auch 8- bis 10-Jährige beachten irrelevante Informationen noch zu stark und haben Schwierigkeiten, bei der Aufmerksamkeitsausrichtung Prioritäten zu setzen. Exekutive Funktionen ermöglichen die Anpassung des Verhaltens an die Anforderungen der Situation. Sie dürfen für die Prävention deshalb von zentraler Bedeutung sein. Die ersten grossen Fortschritte geschehen in der Vorschulzeit. Danach kommt es zu weiteren bedeutsamen Fortschritten bis in die Adoleszenz hinein. Die Inhibition bereitet nicht nur jüngeren Kindern Schwierigkeiten, sondern auch Jugendlichen und jungen Erwachsenen in emotionalen Situationen.

Im Fazit der sensorischen Fähigkeiten (vgl. Kapitel II.3) wurde gefolgert, dass es für die Praxis nicht reicht, die Entwicklung einzelner sensorischer Fähigkeiten zu kennen, da das Kind seine sensorische Wahrnehmung im Alltag selber steuern und adäquat nutzen muss. Es sei daher wichtig, die Entwicklung der kognitiven Fähigkeiten einzubeziehen. Nun zeigt sich, dass auch die kognitiven Fähigkeiten in der Entwicklungspsychologie im Labor unter kontrollierten, relativ künstlichen Bedingungen erfasst werden. Diese Standardisierung ist für den Vergleich

verschiedener Altersgruppen notwendig. Dennoch stellt sich die Frage nach der externen Validität. Oft müssen die Kinder beispielsweise Karten nach bestimmten Regeln sortieren oder sich darauf abgebildete Dinge merken. Im Feld der Unfallprävention müssen ganz andere Aufgaben bewältigt werden. Zudem sind im Labor weniger Störreize vorhanden als in der realen Umwelt und die eigenen Emotionen müssen kaum kontrolliert werden (z. B. kurzfristigen Belohnungen widerstehen). Im Alltag muss die Aufmerksamkeit selber entsprechend der Situation gesteuert und impulsiven Handlungen widerstanden werden, was verschiedene Fähigkeiten gleichzeitig beansprucht.

Folgende Vermutungen lassen sich aus diesen Erkenntnissen ableiten:

1. Exekutive Funktionen sind von zentraler Bedeutung für die Unfallprävention. Sie steuern motorische, sensorische, emotionale und kognitive Prozesse wie z. B. die Aufmerksamkeit, so dass eine optimale Anpassung an die aktuelle Situation gelingt. Kinder, welche noch nicht über ausreichende exekutive Fähigkeiten verfügen, sind anfälliger für impulsives Verhalten im Strassenverkehr und haben Schwierigkeiten, ihre Aufmerksamkeit auf die relevanten Informationen auszurichten. Exekutive Funktionen entwickeln sich über lange Zeit bis in die Adoleszenz hinein, in welcher es v. a. in der Inhibition zu neuen Schwierigkeiten kommen kann.
2. Es reicht für die praktische Beratung nicht aus, ausschliesslich Laborstudien zur Entwicklung der exekutiven Funktionen zu berücksichtigen. Es dürfte sinnvoll sein, auch das tatsächliche Verhalten im Strassenverkehr zu beobachten. In Kapitel V werden deshalb Studien aus dem Bereich der Verkehrspsychologie präsentiert.

# Quellen

- [1] Stolzenberg H, Kahl H, Bergmann KE. *Körpermasse bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS)*. Verlag SM; 2007.  
<http://edoc.rki.de/oa/articles/refJdNvy1146/PDF/23a6P5aAcd06.pdf>.
- [2] Conzelmann A. *Sportliche Entwicklung im Kindes- und Jugendalter*.  
[http://www.baspo.admin.ch/internet/baspo/de/home/themen/forschung/fachgruppen\\_sportwissenschaft/fachgruppe\\_mannschaftsspielsport.parsys.83552.downloadList.56192.DownloadFile.tmp/fgmannschaftsspielsport2007sportlicheentwicklung.pdf](http://www.baspo.admin.ch/internet/baspo/de/home/themen/forschung/fachgruppen_sportwissenschaft/fachgruppe_mannschaftsspielsport.parsys.83552.downloadList.56192.DownloadFile.tmp/fgmannschaftsspielsport2007sportlicheentwicklung.pdf). Zugriff am 08.12., 2014.
- [3] Schneider W, Hasselhorn M. Frühe Kindheit (3-6 Jahre). In: Schneider W, Lindenberger U., Hg. *Entwicklungspsychologie*. 7. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz; 2012: 187-209.
- [4] Berk LE. *Entwicklungspsychologie*. 5. Auflage. München: Pearson; 2010.
- [5] Dordel S, Kunz T. *Bewegung und Kinderunfälle. Chancen motorischer Förderung zur Prävention von Kinderunfällen*. München: Bundesverband der Unfallkassen; 2005.
- [6] Rothgang G-W. *Entwicklungspsychologie: Psychologie in der Sozialen Arbeit*. 2. Auflage. Stuttgart: W. Kohlhammer Verlag; 2009.
- [7] Werner LA, Marean GC. *Human auditory development*. Springer; 1996.
- [8] Barton BK, Lew R, Kovesdi C, Cottrell ND, Ulrich T. Developmental differences in auditory detection and localization of approaching vehicles. *Accident Analysis & Prevention*. 2013;53: 1-8.
- [9] Werner LA. Development of sound localization.  
[http://faculty.washington.edu/lawerner/sphsc462/dev\\_loc.pdf](http://faculty.washington.edu/lawerner/sphsc462/dev_loc.pdf).
- [10] Werner A. Color perception in infants and young children. The significance of color in picturebooks. In: Kümmerling-Meibauer B, Hg. *Emergent literacy: Children's books form 0 to 3*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Co.; 2011: 39-53.
- [11] Krombholz H. Körperliche und motorische Entwicklung im Säuglings- und Kleinkindalter. 1999.  
<https://www.familienhandbuch.de/cms/Kindheitsforschung-Koerperentwicklung.pdf>. Zugriff am 08.10.2014.
- [12] Nishimura M, Scherf S, Behrmann M. Development of object recognition in humans. *F1000 biology reports*. 2009;1:
- [13] Schieber RA, Thompson N. Developmental risk factors for childhood pedestrian injuries. *Injury Prevention*. 1996;2(3): 228.
- [14] Leat SJ, Yadav NK, Irving EL. Development of visual acuity and contrast sensitivity in children. *Journal of optometry*. 2009;2(1): 19-26.
- [15] Martin L. Development of the visual field. <http://www.bernadottestiftelsen.se/wp-content/uploads/APOR-Development-of-the-Visual-Field.pdf>. Zugriff am 09.10.2014.
- [16] Tschopp C, Viviani P, Reicherts M, Bullinger A, Rudaz N, Mermoud C, Safran AB. Does visual sensitivity improve between 5 and 8 years? A study of automated visual field examination. *Vision research*. 1999;39(6): 1107-19.
- [17] David S, Foot H, Chapman AJ, Sheehy N. Peripheral vision and the aetiology of child pedestrian accidents. *British Journal of Psychology*. 1986;77(1): 117-35.
- [18] Arterberry M.E. Perceptual Development. 2008.  
<http://booksite.elsevier.com/brochures/Infant/PDFs/Perceptual%20development.pdf>. Zugriff am 13.10.2014.
- [19] Nardini M, Bedford R, Mareschal D. Fusion of visual cues is not mandatory in children. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010;107(39): 17041-6.
- [20] Granrud C.E. Judging the size of a distant object: strategy use by children and adults. In: Hatfield F., Allred S., Hg. *Visual Experience: Sensation, Cognition, and Constancy*. Oxford: Oxford University Press; 2012.
- [21] Sigl U, Weber K. *Hurra, wir sind mobil: Mobilitätsverhalten von 5- bis 10-jährigen Kindern in Wien, Niederösterreich und im Burgenland*. Wien: Kuratorium für Verkehrssicherheit; 2002.
- [22] Limbourg M. *Prävention in NRW. Kinder unterwegs im Strassenverkehr*. Düsseldorf: Unfallkasse Nordrhein-Westfalen; 2008.

- [23] Benguigui N, Broderick M, Ripoll H. Age differences in estimating arrival-time. *Neuroscience letters*. 2004;369(3): 197-202.
- [24] Keshavarz B, Landwehr K, Baurès R, Oberfeld D, Hecht H, Benguigui N. Age-correlated incremental consideration of velocity information in relative time-to-arrival judgments. *Ecological Psychology*. 2010;22(3): 212-21.
- [25] Wann JP, Poulter DR, Purcell C. Reduced sensitivity to visual looming inflates the risk posed by speeding vehicles when children try to cross the road. *Psychological science*. 2011;22(4): 429-34.
- [26] Whitebread D, Neilson K. The contribution of visual search strategies to the development of pedestrian skills by 4-11 year-old children. *British Journal of Educational Psychology*. 2000;70(4): 539-57.
- [27] Barton BK, Morrongiello BA. Examining the impact of traffic environment and executive functioning on children's pedestrian behaviors. *Developmental psychology*. 2011;47(1): 182.
- [28] Woods AJ, Göksun T, Chatterjee A, Zelonis S, Mehta A, Smith SE. The development of organized visual search. *Acta psychologica*. 2013;143(2): 191-9.
- [29] Müsseler J, Debus G, Huestegge L, Anders S, Skottke E. *Massnahmen zur Verbesserung der visuellen Orientierungsleistung bei Fahranfängern : Entwicklung von Indikatoren zur Erfassung der visuellen Orientierungsleistung*. Bergisch Gladbach: Bibliothek der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt); 2011.
- [30] Wick D, Golle K, Ohlert H. *Körperliche und motorische Entwicklung Brandenburger Grundschüler im Längsschnitt. Ergebnisse der EMOTIKON-Studie 2006-2010*. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam; 2013.
- [31] Kruse C. *Motorische Kompetenzen*. Bertelsmann Stiftung. <http://www.keck-atlas.de/kompik/entwicklungsbereiche/motorik/wissenschaftlicher-hintergrund.html>. Zugriff am 08.12., 2014.
- [32] Singer R, Bös K. Motorische Entwicklung: Gegenstandsbereich und Entwicklungseinflüsse. In: Baur J, Bös K, Singer R, Hg. *Motorische Entwicklung. Ein Handbuch*. Schorndorf: Hofmann; 1994: 15-26.
- [33] Zimmer R. *Handbuch der Bewegungserziehung: Grundlagen für Ausbildung und pädagogische Praxis*. Freiburg im Breisgau: Herder; 2014.
- [34] Krist H, Kavsek M, Wilkening F. Wahrnehmung und Motorik. In: Schneider A, Lindenberger U., Hg. *Entwicklungspsychologie*. Weinheim, Basel: Beltz; 2012: 363-84.
- [35] Haywood KM, Getchell N. *Life span motor development*. Champaign, IL 2009.
- [36] Nardini M, Cowie D. The development of multisensory balance, locomotion, orientation, and navigation. In: Bremner AJ, Lewkowicz DJ, Spence C, Hg. *Multisensory development*. Oxford: Oxford University Press; 2012: 137-59.
- [37] Neumann-Opitz N. *Radfahren in der ersten und zweiten Klasse - Eine empirische Studie*. Bonn: Unfallkasse Nord. Universität Wuppertal; 2008. Dissertation.
- [38] Plumert JM. Children's overestimation of their physical abilities. Links to injury proneness. In: Savelsbergh G, Davids K, van der Kamp J, Bennett SJ, Hg. *Development of movement coordination in children. Applications in the fields of ergonomics, health sciences and sport*. Oxon: Routledge; 2003.
- [39] Spektrum Wissenschaft. Kognition. *Lexikon der Neurowissenschaft*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- [40] Gazzaniga M. S., Ivry R. B., Mangun G. R. *Cognitive Neuroscience. The biology of the mind*. 3. Auflage. New York: W. W. Norton & Company, Inc.; 2009.
- [41] Sinclair M., E. T. The neuropsychology of attention development. In: Reed J., Warner-Rogers J., Hg. *Child Neuropsychology. Concepts, Theory, and Practice*. West Sussex: Wiley-Blackwell: 235-63.
- [42] Ristic J, Kingstone A. Rethinking attentional development: reflexive and volitional orienting in children and adults. *Developmental science*. 2009;12(2): 289-96.
- [43] Garon N, Bryson SE, Smith IM. Executive function in preschoolers: a review using an integrative framework. *Psychological bulletin*. 2008;134(1): 31.
- [44] Best JR, Miller PH. A developmental perspective on executive function. *Child development*. 2010;81(6): 1641-60.

- [45] Niemann H., Gauggel S. Störungen der Aufmerksamkeit. In: Frommelt P., H. L., Hg. *NeuroRehabilitation. Ein Praxisbuch für interdisziplinäre Teams*. 3. Auflage: Springer; 2010: 145-50.
- [46] Kaufmann L, Nuerk H, Konrad K, Willmes K. *Kognitive Entwicklungsneuropsychologie*. Göttingen: Hogrefe; 2007.
- [47] Betts J, McKay J, Maruff P, Anderson V. The development of sustained attention in children: the effect of age and task load. *Child neuropsychology : a journal on normal and abnormal development in childhood and adolescence*. Jun 2006;12(3): 205-21.
- [48] Dunbar G, Hill R, Lewis V. Children's attentional skills and road behavior. *Journal of experimental psychology: Applied*. 2001;7(3): 227.
- [49] Bjorklund D.F. *Children's Thinking. Cognitive Development and Individual Differences*. Belmont: Thomson Wadsworth; 2005.
- [50] Thomson J, Tolmie A, Foot HC, McLaren B. *Child development and the aims of road safety education*: HMSO; 1996.
- [51] Haus K.-M. *Neurophysiologische Behandlung bei Erwachsenen*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2005.
- [52] Hahn B, Wolkenberg FA, Ross TJ, Myers CS, Heishman SJ et al. Divided versus selective attention: evidence for common processing mechanisms. *Brain research*. 2008;1215: 137-46.
- [53] Irwin-Chase H, Burns B. Developmental changes in children's abilities to share and allocate attention in a dual task. *Journal of experimental child psychology*. 2000;77(1): 61-85.
- [54] Crone EA, Bunge SA, Van Der Molen MW, Ridderinkhof KR. Switching between tasks and responses: A developmental study. *Developmental Science*. 2006;9(3): 278-87.
- [55] Loher S, Roebers CM. Executive Functions and Their Differential Contribution to Sustained Attention in 5-to 8-Year-Old Children. *Journal of Educational and Developmental Psychology*. 2013;3(1): p51.
- [56] Davidson MC, Amso D, Anderson LC, Diamond A. Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*. 2006;44(11): 2037-78.
- [57] Röthlisberger M, Neuenschwander R, Michel E, Roebers CM. Exekutive Funktionen: Zugrundeliegende kognitive Prozesse und deren Korrelate bei Kindern im späten Vorschulalter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*. 2010;42(2): 99-110.
- [58] Best JR, Miller PH, Jones LL. Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental Review*. 2009;29(3): 180-200.
- [59] Konrad K, Firk C, Uhlhaas PJ. Hirnentwicklung in der Adoleszenz. Neurowissenschaftliche Befunde zum Verständnis dieser Entwicklungsphase. *Deutsches Ärzteblatt*. 2013;110(25): 425.
- [60] Scott ES, Reppucci ND, Woolard JL. Evaluating adolescent decision making in legal contexts. *Law and human behaviour*. 1995;19(3): 221-44.
- [61] Center on the developing child at Harvard University. *Building the brain's "air traffic control" system: How early experiences shape the development of executive function*. 2011.
- [62] Diamond A, Lee K. Interventions shown to aid executive function development in children 4-12 years old. *Science*. 2011;333(6045): 959-64.
- [63] Kail RV. *Children and their development*. New Jersey: Pearson; 2004.
- [64] Pfeffer K, Barnecutt P. Children's auditory perception of movement of traffic sounds. *Child: care, health and development*. 1996;22(2): 129-37.
- [65] David SS, Foot HC, Chapman AJ. Children's sensitivity to traffic hazard in peripheral vision. *Applied cognitive psychology*. 1990;4(6): 471-84.
- [66] Limbourg M. Die Leistungsfähigkeiten von Kindern als Fußgänger im Straßenverkehr. In: Verkehrswissenschaft DAF, Hg. *Bericht über den 16. Deutschen Verkehrsgerichtstag*. 1978: 267-75.
- [67] Schwebel DC, Davis AL, O'Neal EE. Child Pedestrian Injury A Review of Behavioral Risks and Preventive Strategies. *American journal of lifestyle medicine*. 2012;6(4): 292-302.
- [68] te Velde AF, van der Kamp J, Barela JA, Savelsbergh GJ. Visual timing and adaptive behavior in a road-crossing simulation study. *Accident Analysis & Prevention*. 2005;37(3): 399-406.

- [69] Demetre JD, Lee DN, Pitcairn TK, Grieve R, Thomson JA, Ampofo-Boateng K. Errors in young children's decisions about traffic gaps: experiments with roadside simulations. *Br J Psychol.* 1992;83: 189-202.
- [70] Plumert JM, Kearney JK, Cremer JF. Children's perception of gap affordances: bicycling across traffic-filled intersections in an immersive virtual environment. *Child Dev.* 2004;75(4): 1243-53.
- [71] Schieber RA, Thompson NJ. Developmental risk factors for childhood pedestrian injuries. *Inj Prev.* Sep 1996;2(3): 228-36.
- [72] Schwebel DC, Pitts DD, Stavrinou D. The influence of carrying a backpack on college student pedestrian safety. *Accid Anal Prev.* Mar 2009;41(2): 352-6. DOI: 10.1016/j.aap.2009.01.002.
- [73] Congiu M, Whelan M, Oxley J, Charlton J, D'Elia A, Muir C. *Child Pedestrians: Factors Associated with Ability to Cross Roads Safely and Development of a Training Package*. Monash University. Accident Research Centre; 2008.
- [74] Young DS, Lee DN. Training children in road crossing skills using a roadside simulation. *Accident Analysis & Prevention.* 1987;19(5): 327-41.
- [75] te Velde AF, van der Kamp J, Savelsbergh G. Road-crossing behaviour in young children. In: Savelsbergh G, Davids K, van der kamp J, Bennett S.J., Hg. *Development of movement co-ordination in children. Applications in the fields of ergonomics, health sciences and sport*. Oxon: Routledge; 2003: 41-55.
- [76] Thomson J. *A community approach to road safety education using practical training methods: The Drumchapel project*. The University of Strathclyde in Glasgow; 1997.
- [77] Tabibi Z, Pfeffer K. Choosing a safe place to cross the road: the relationship between attention and identification of safe and dangerous road-crossing sites. *Child: care, health and development.* 2003;29(4): 237-44.
- [78] Tabibi Z, Pfeffer K. Choosing a safe place to cross the road: the relationship between attention and identification of safe and dangerous road-crossing sites. *Child Care Health Dev.* Jul 2003;29(4): 237-44.
- [79] Dragutinovic N, Twisk D. *The effectiveness of road safety education. A literature review*. Leidschendam: Swov Institute for Road Safety Research, The Netherlands; 2006.
- [80] Ducheyne F, De Bourdeaudhuij I, Lenoir M, Cardon G. Does a cycle training course improve cycling skills in children? *Accid Anal Prev.* 2013;59: 38-45.
- [81] Briem V, Radeborg K, Salo I, Bengtsson H. Developmental aspects of children's behavior and safety while cycling. *J Pediatr Psychol.* 2004;29(5): 369-77.
- [82] Walter E, Achermann Stürmer Y, Scaramuzza G, Niemann S, Cavegn M. *Fahrradverkehr*. Bern: bfu - Beratungsstelle für Unfallverhütung; 2012. bfu-Sicherheitsdossier Nr. 08.
- [83] Zeedyk MS, Wallace L, Spry L. Stop, look, listen, and think? What young children really do when crossing the road. *Accid Anal Prev.* Jan 2002;34(1): 43-50.
- [84] Limbourg M, Gerber WD. Das Verhalten von 3- bis 7jährigen Kindern unter Ablenkungsbedingungen. *Zeitschrift für Verkehrserziehung.* 1978: 10-3.
- [85] Stavrinou D, Byington KW, Schwebel DC. Effect of cell phone distraction on pediatric pedestrian injury risk. *Pediatrics.* 2009;123(2): e179-e85.
- [86] Limbourg M. Kinder unterwegs im Verkehr. *Deutsche Verkehrswacht.* 1997;3: 1-42.
- [87] Percer J. *Child Pedestrian Safety Education. Applying Learning and Developmental Theories to Develop Safe Street-Crossing Behaviours*. Washington DC: U. S. Department of Transportation. National Highway Traffic Safety Administration; 2009.
- [88] Oxley JA, Congiu M, Whelan M, D'Elia A, Charlton J. *The impacts of functional performance, behaviour and traffic exposure on road-crossing judgements of young children*. In: Annual Proceedings/Association for the Advancement of Automotive Medicine; 2007.
- [89] Ross V, Jongen EM, Brijs T, Brijs K, Ruiters R, Komlos M, Wets G. *The relation between executive functioning and risky driving in young novice drivers*. 5th International Conference on Traffic and Transport Psychology (ICTTP); 29-31.8.2012; 2012; Groningen, the Netherlands.
- [90] Mäntylä T, Karlsson MJ, Marklund M. Executive control functions in simulated driving. *Applied neuropsychology.* 2009;16(1): 11-8.
- [91] Morris L, Dawson S. *Relationships between age, executive function and driving behaviour*. In: Proceedings of the Australasian road safety research, policing and education conference; 2008.

- [92] MacGregor C, Smiley A, Dunk W. Identifying gaps in child pedestrian safety: Comparing what children do with what parents teach. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 1999;1674(1): 32-40.
- [93] Dunne RG, Asher KN, Rivara FP. Behavior and parental expectations of child pedestrians. *Pediatrics*. Mar 1992;89(3): 486-90.

# Sicher leben: Ihre bfu.

Die bfu setzt sich im öffentlichen Auftrag für die Sicherheit ein. Als Schweizer Kompetenzzentrum für Unfallprävention forscht sie in den Bereichen Strassenverkehr, Sport sowie Haus und Freizeit und gibt ihr Wissen durch Beratungen, Ausbildungen und Kommunikation an Privatpersonen und Fachkreise weiter. Mehr über Unfallprävention auf [www.bfu.ch](http://www.bfu.ch).

© bfu 2015. Alle Rechte vorbehalten; Reproduktion (z. B. Fotokopie), Speicherung, Verarbeitung und Verbreitung sind mit Quellenangabe (s. Zitationsvorschlag) gestattet