



## 14. Motorische Entwicklung

*Mats, der im Masterstudiengang Sportwissenschaft mit der Spezialisierung in Health Promotion an der Universität Bern studiert, absolviert sein berufsfeldbezogenes Praktikum in einer Seniorenresidenz. Da sich die betagten, aber durchaus gesunden Residenzbewohner arg langweilen, soll für sie ein Bewegungsprogramm entwickelt werden. Dr. Winter, die Leiterin der Einrichtung, hat Mats gleich bei der Begrüßung gesagt, dass das Programm wissenschaftlichen Kriterien genügen müsse und dass sie viel von ihm erwarte. Also setzt sich Mats mit der entsprechenden Literatur in sein kleines Zimmer im Schwesternwohnheim und beginnt mit der Arbeit. Nach zwei Wochen legt er Dr. Winter ein Programm vor, in dem vor allem Übungen wie die folgende vorkommen: Zwei Partner sitzen sich gegenüber, klatschen sich auf die Oberschenkel und führen dann beide Arme nach rechts, links, oben oder unten. Wenn die Hände der beiden Partner in dieselbe Richtung zeigen, müssen sie nach dem nächsten Klatschen auf ihre Oberschenkel beide Hände mit dem Partner zusammenklatschen, ansonsten sie wieder in eine der vier Richtungen bewegen.<sup>117</sup> Warum hat Mats in seinem Bewegungsprogramm gerade solche Übungen vorgeschlagen?*

**Die Seiten 380–389 sind nicht  
Teil dieser Leseprobe.**



**Sportmotorischer Test  
(sport-specific motor test)**

Unter einem sportmotorischen Test verstehen wir eine standardisierte Methode, mit der eine definierte sportmotorische Eigenschaft von Personen unter Einhaltung von Testgütekriterien quantitativ gemessen werden kann.

*Kommentar: Die Testverfahren beziehen sich auf einen bestimmten Anwendungs- und Gültigkeitsbereich, für den sie entwickelt wurden, beispielsweise auf bestimmte Altersgruppen oder auf Personen mit bestimmten Krankheiten oder Behinderungen. Um die Breite der Motorik abzudecken, werden meist mehrere Einzeltests durchgeführt; wir sprechen dann von einer Testbatterie. Für die Messung des sportmotorischen Entwicklungsstandes von Kindern und Jugendlichen stellt der Deutsche Motorik-Test 6–18 (Bös et al., 2009) Normwerte zur Verfügung.*

Um die motorische Entwicklung im Kindes- und Jugendalter zu untersuchen, wurden verschiedene sportmotorische Tests entwickelt (vgl. z. B. Bös, 2017). Wir nutzen hier die Normwerte des

gut etablierten Deutschen Motorik-Tests 6–18, kurz DMT (Bös et al., 2009), um motorikrelevante Entwicklungsverläufe darzustellen. Wie in Tabelle 14.1 ausgeführt, wird mit dem DMT die sportmotorische Leistung in verschiedenen Bereichen erhoben; er ist für weibliche und männliche Kinder und Jugendliche in einem Altersbereich von 6–18 Jahren gültig. Wer sich dafür interessiert, selbst erhobene Testwerte mit den Normwerten der entsprechenden Geschlechts- und Altersgruppe zu vergleichen, der kann im Internet sogar auf eine frei verfügbare Auswertungssoftware zugreifen (<https://dmt.motoriktest.eu>).

Um die durchschnittliche sportmotorische Entwicklung im Alter zwischen 6 und 18 Jahren darzustellen, haben wir in den Abbildung 14.6 und 14.7 den Normwerttabellen des DMT jeweils den Median sowie das 10. und das 90. Perzentil entnommen und grafisch dargestellt. Die Veränderung der Normwerte im Altersverlauf macht die unterschiedliche Entwicklung zwischen Jungen und Mädchen in den verschiedenen sportmotorischen Leistungsbereichen deutlich. Während allgemein die Entwicklung bis zum 13. Lebensjahr bei beiden Geschlechtern in vergleichbarer Weise ansteigt, ist es bei den Aufgaben, die Ausdauer oder Kraft erfordern, so, dass die Ent-

Tabelle 14.1: Einzeltests des Deutschen Motorik-Tests 6–18 (Bös et al., 2009)

Testbezeichnung	Getestetes Merkmal	Messung
6-Minuten-Lauf	Ausdauer	Gelaufene Meter in 6 Minuten
Standweitsprung	Sprungkraft	Weite des Sprungs in Zentimetern
Liegestütz	Kraftausdauer (der Armmuskulatur)	Anzahl der Liegestütz in 40 Sekunden
Sit-ups	Kraftausdauer (der Rumpfmuskulatur)	Anzahl der Sit-ups in 40 Sekunden
20-m-Sprint	Aktionsschnelligkeit	Laufzeit für eine 20-m-Strecke in Sekunden
Seitliches Hin- und Herspringen	Koordination unter Zeitdruck	Anzahl der ausgeführten Sprünge in 15 Sekunden
Balancieren rückwärts	Koordination bei Präzisionsaufgaben	Schrittzahl auf drei verschiedenen dicken Balken
Rumpfbeugen	Rumpfbeweglichkeit	Fingerspitzen-Zehen-Differenz in Zentimetern

wicklung ab der Pubertät bei den Mädchen auf gleichem Niveau verbleibt, während bei den Jungen weitere Zuwächse zu erkennen sind (6-Minuten-Lauf, Standweitsprung, Liegestütz, Sit-ups, 20-m-Sprint). Im Gegensatz zu diesen eher konditionell geprägten Tests ist bei den koordinativen Aufgaben eine Verbesserung über den gesamten Entwicklungszeitraum zu erkennen (mit leichten Vorteilen der Mädchen vor allem beim Balancieren rückwärts); hier nimmt aber die Verbesserungsrate ab dem 10. Lebensjahr deutlich ab (Seitliches Hin- und Herspringen, Balancieren rückwärts). Die Beweglichkeit schließlich verändert sich im Alter zwischen 6 und 18 Jahren nicht merklich, wobei die Mädchen allerdings durchgängig beweglicher sind als die Jungen (Rumpfbeugen). Zusammengekommen entsprechen die dargestellten Entwicklungsdaten über das Kindes- und Jugendalter somit recht genau den Erwartungen, die wir im vorangegangenen Abschnitt aus biologischen Gegebenheiten der körperlichen Entwicklung abgeleitet haben.

Gehen wir über den bisher dargestellten Entwicklungsabschnitt des Kindes- und Jugendalters hinaus und erweitern unsere Betrachtungen auf die gesamte Lebensspanne, so stellen wir fest, dass die sportmotorische Leistungsfähigkeit zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr generell sehr gut ausgeprägt ist, danach aber im Mittel abnimmt. Wie bereits in der Einleitung zu diesem Kapitel diskutiert wurde, kann dieser generelle Verlauf mit verschiedenen Entwicklungsbereichen in Zusammenhang gebracht werden. Die Abnahme der Leistungsfähigkeit ab dem 30. Lebensjahr lässt sich insbesondere auch auf den Umstand zurückführen, dass mit dem Eintritt ins Berufsleben oder der Gründung einer Familie die für den Sport verfügbare Zeit in der Regel abnimmt, sodass – nach der bekannten Redensart des rastbedingten Rostens – eine Verschlechterung des Trainingszustands quasi von alleine folgt. Zugleich bedeutet dies, dass bei der Betrachtung der sportmotorischen Entwicklung im Erwachsenenalter individuelle Unterschiede, die durch den Lebensstil oder auch Verletzungen und Krankheiten bedingt sind, eine wesentlich größere Rolle spielen als bei Kindern und Jugendlichen. Allerdings müssen wir an dieser Stelle auch festhalten, dass selbst bei ausgeprägt gesunder Lebensweise

sowie Glück hinsichtlich des Gesundheitserhalts einem allmählichen Nachlassen der motorischen Leistungsfähigkeit im Laufe des Erwachsenenalters nicht zu entkommen ist. Wie wir dies bereits beim Kindes- und Jugendalter besprochen haben, kann dieses Nachlassen dann wieder auf biologisch Grundlagen der körperlichen Entwicklung zurückgeführt werden.

Betrachten wir in diesem Sinne die körperliche Entwicklung im Erwachsenenalter zunächst wieder mit einem Fokus auf das Herz-Kreislauf-System, so müssen wir feststellen, dass die maximale Herzfrequenz bei maximaler Belastung im Durchschnitt linear und unabhängig vom Geschlecht oder Trainingszustand um etwa 0,7 Schläge pro Lebensjahr sinkt. Tanaka et al. (2001) haben hierzu die folgende Formel entwickelt:

$$HF_{\max}(\text{Lebensalter}) = (208 - 0,7 \times \text{Lebensalter}) \text{ Schläge/min}$$

Eine 30-jährige Person hätte damit im Mittel eine  $HF_{\max}$  von  $(208 - 0,7 \times 30) = 187$  Schlägen pro Minute, während eine durchschnittliche 70-jährige Person eine  $HF_{\max}$  von 159 Schlägen pro Minute aufweist. Andere Faktoren der Energiebereitstellung – jenseits der maximalen Herzfrequenz – sind eher abhängig vom Trainingszustand, der im höheren Alter allgemein schlechter ausgeprägt ist als mit 20–30 Jahren. So sinkt beispielsweise ab dem Alter von 25 Jahren die maximale Sauerstoffaufnahme durchschnittlich um knapp 1 % pro Lebensjahr (Payne & Isaacs, 2016). Mit der Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems nimmt auch die Ausdauerleistungsfähigkeit im durchschnittlichen Verlauf mit zunehmendem Alter ab. In Abbildung 14.8 veranschaulichen wir hierzu Laufzeiten, die für das Deutsche Sportabzeichen in Bronze, Silber und Gold im 10'000-m-Lauf benötigt werden, denn diese Zeiten geben einen ungefähren Überblick darüber, wie sich die Ausdauer für sportlich motivierte Personen im Lebenslauf entwickelt. Zusätzlich sind in der Abbildung die inoffiziellen Weltrekorde der jeweiligen Altersgruppen abgetragen. Es zeigt sich zum einen ein genereller Leistungsrückgang ab dem 30. Lebensjahr, dem allerdings (bei Verschonung von Krankheiten oder Verletzungen) noch bis ins 8. Lebensjahr-

## 14. Motorische Entwicklung

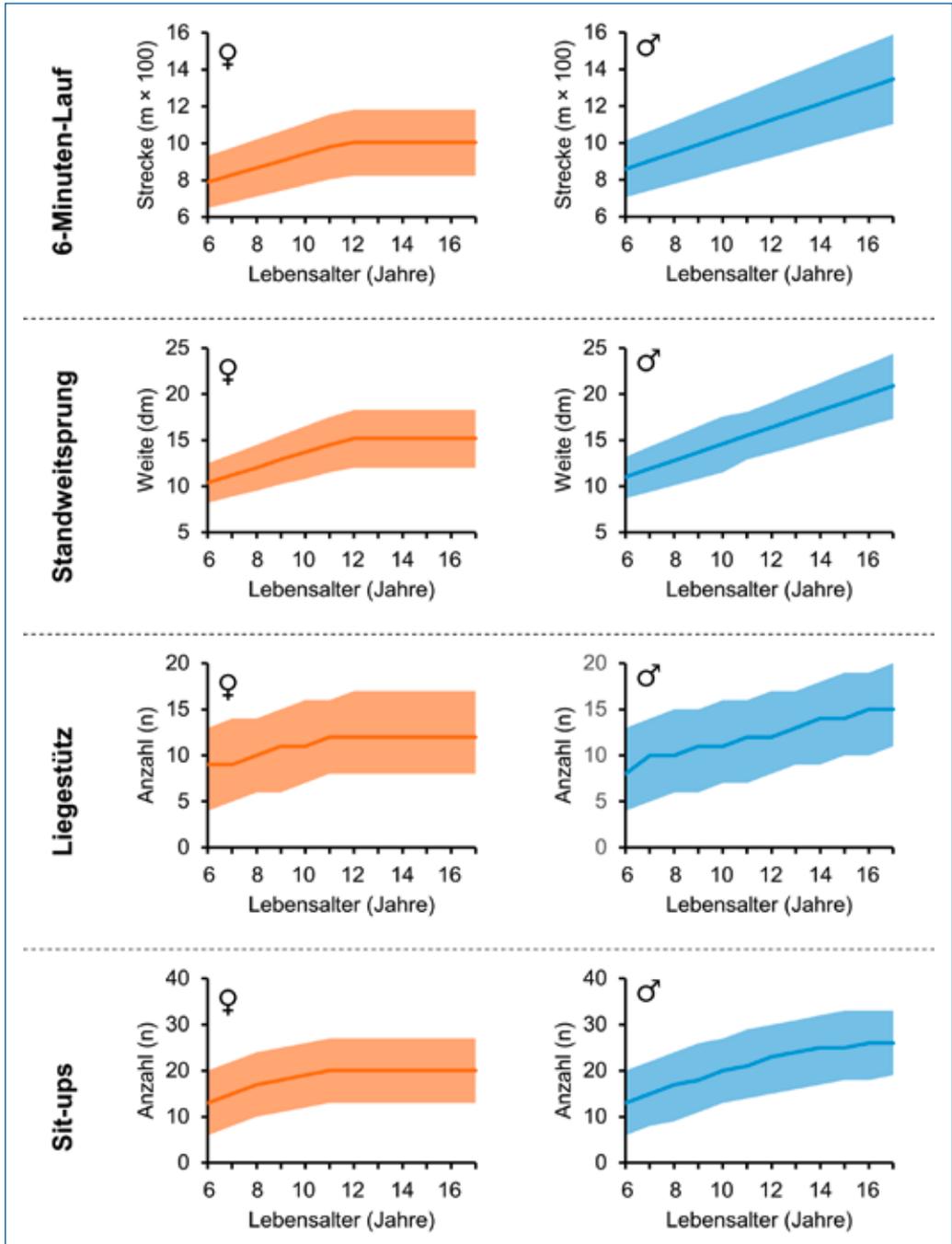


Abbildung 14.6: Normwerte des Deutschen Motorik-Tests 6-18 (6-Minuten-Lauf, Standweitsprung, Liegestütz, Sit-ups) für weibliche (links) und männliche (rechts) Kinder und Jugendliche als Median mit P10-P90-Perzentilen (nach Bös et al., 2009; Daten: Klaus Bös)<sup>121</sup>

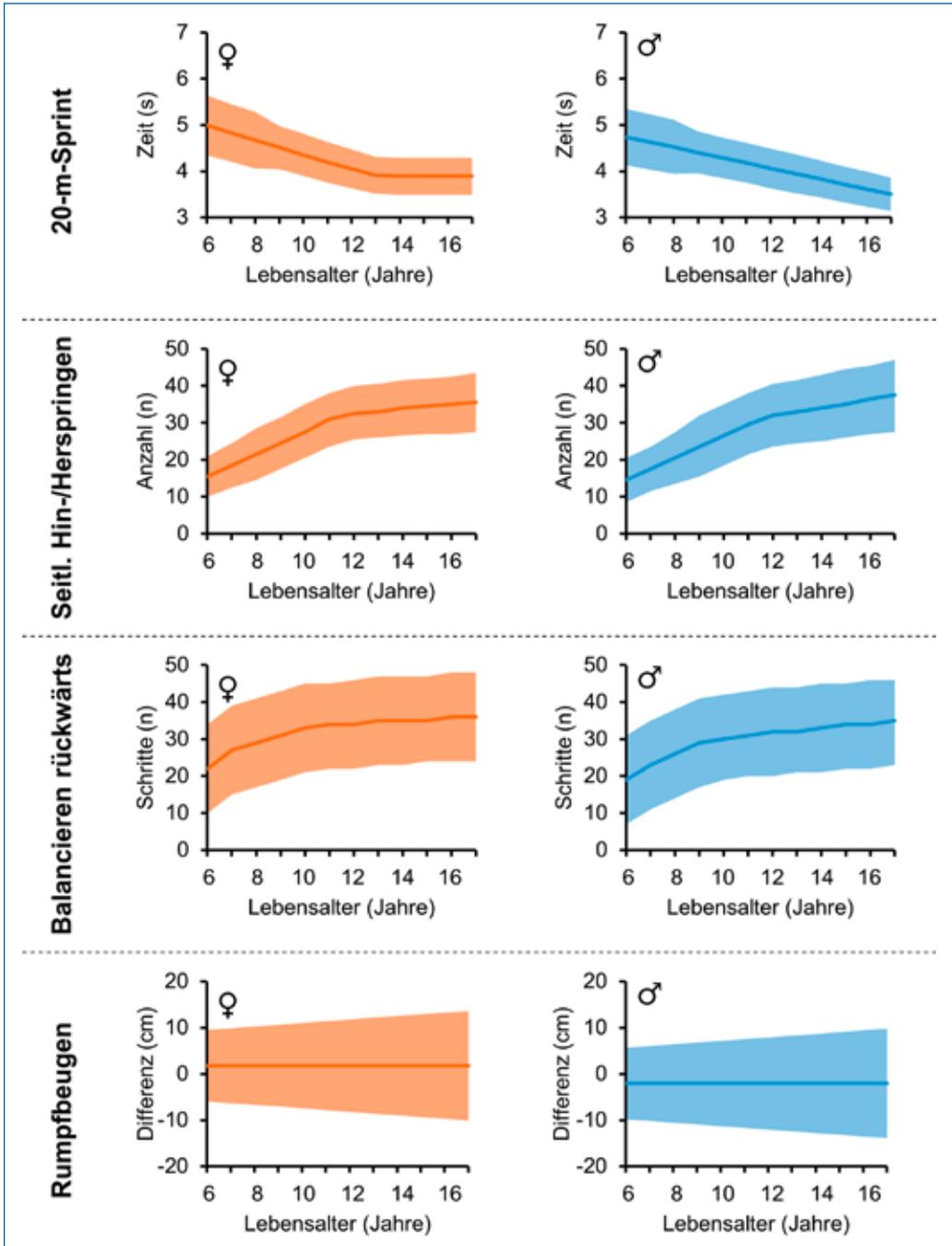


Abbildung 14.7: Normwerte des Deutschen Motorik-Tests 6–18 (20-m-Sprint, Seitliches Hin- und Herspringen, Balancieren rückwärts, Rumpfbeugen) für weibliche (links) und männliche (rechts) Kinder und Jugendliche als Median mit P10-P90-Perzentilen (nach Bös et al., 2009; Daten: Klaus Bös)<sup>22</sup>

## 14. Motorische Entwicklung

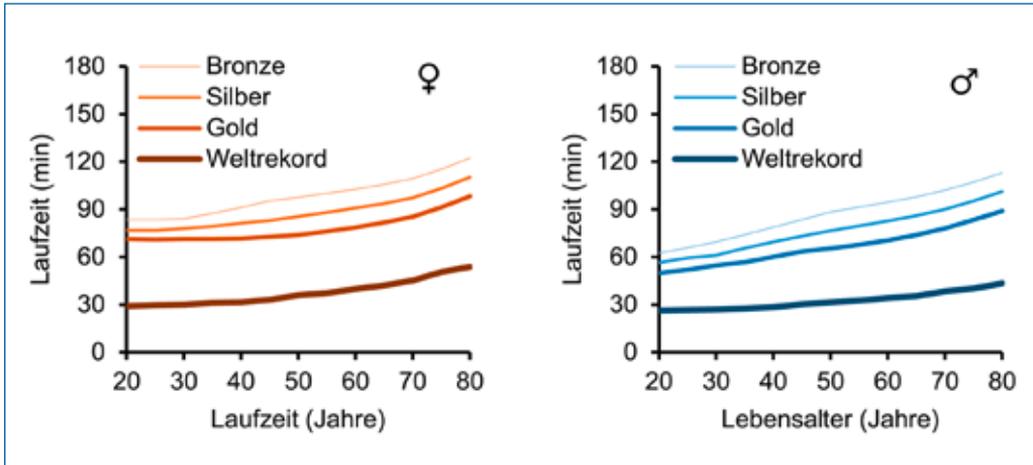


Abbildung 14.8: Leistungsanforderungen für das Deutsche Sportabzeichen (Daten aus Deutscher Olympischer Sportbund, 2017) und inoffizielle Weltbestleistungen (Daten aus Conzelmann, 1997) im 10'000-m-Lauf in verschiedenen Altersklassen<sup>123</sup>

zehnt relativ gut entgegengewirkt werden kann. Zum anderen wird deutlich, dass die Ausdauer sehr gut trainierbar ist, denn bei entsprechenden Trainingsbelastungen (sowie einer gewissen Begabung und erhaltener Gesundheit) sind offenbar selbst im Alter von 80 Jahren noch Zeiten zu erreichen, mit denen 20-Jährige spielerisch ein Sportabzeichen in Gold erreichen würden.

Nicht nur das Herz-Kreislauf-System, sondern auch die Muskulatur ist im Erwachsenenalter von Abbauprozessen betroffen. Bis zum Alter von 50 Jahren fallen diese noch relativ gering aus, danach ist aber eine Abnahme der Muskelfasern bis ins hohe Alter um 1–2 % pro Jahr zu beobachten (Cruz-Jentoft et al., 2019). Hinzu kommt eine Abnahme der relativen Muskelmasse infolge der Zunahme von Körperfett, was vor allem einem für spätere Lebensphasen typischen inaktiven Lebensstil und ungunstigen Ernährungsgewohnheiten geschuldet ist. Hieraus folgt, dass der Rückgang der Kraftfähigkeiten im Alter teils durch unvermeidliche Abbauprozesse, teils aber auch durch eine im Durchschnitt verminderte Aktivität bewirkt wird. Dieser besondere Effekt wird in Abbildung 14.9 durch die Gegenüberstellung der mittleren Entwicklungen von Handkraft und Sprungkraft veranschaulicht. Dabei werden zum besseren Vergleich beider Kurven die registrierten Kraftwerte als relative Werte über das be-

trachtete Intervall dargestellt (z-Werte, erhalten durch Transformation auf den Mittelwert 0 und die Standardabweichung 1). Hier zeigt sich, dass die Sprungkraft, die in der Normalbevölkerung eher selten benötigt wird, ähnlich wie die Ausdauer nach dem 30. Lebensjahr deutlich abnimmt. Die Handkraft, die bei alltäglichen Bewegungsaufgaben häufiger benötigt wird, steigt hingegen nach dem 3. Lebensjahrzehnt im Mittel sogar noch an und unterschreitet erst zum 60. Lebensjahr den durchschnittlichen Wert über das gesamte Erwachsenenalter. Wie bereits weiter oben betont, lassen sich somit erhebliche Unterschiede der Entwicklungskurven im Altersverlauf feststellen, die unter anderem auf eine mehr oder weniger ausgeprägte Nutzung der zugrunde liegenden Fähigkeiten zurückzuführen sind.

Wie die Ausdauer und die Kraft nimmt auch die Beweglichkeit und die Koordination im Altersverlauf generell ab. Aufseiten der Beweglichkeit ist dies nicht zuletzt auf Verschleißerscheinungen in den Gelenken zurückzuführen, wie sie im normalen Alternsgang auftreten. Hinsichtlich der Koordination ist auch das zentrale Nervensystem von altersbedingten Abbauprozessen betroffen; noch mehr als bei den anderen Organsystemen ist aber dessen hohes Anpassungsvermögen zu betonen. Dies bedeutet, dass das Absterben von Nervenzellen im Gehirn recht gut dadurch aus-

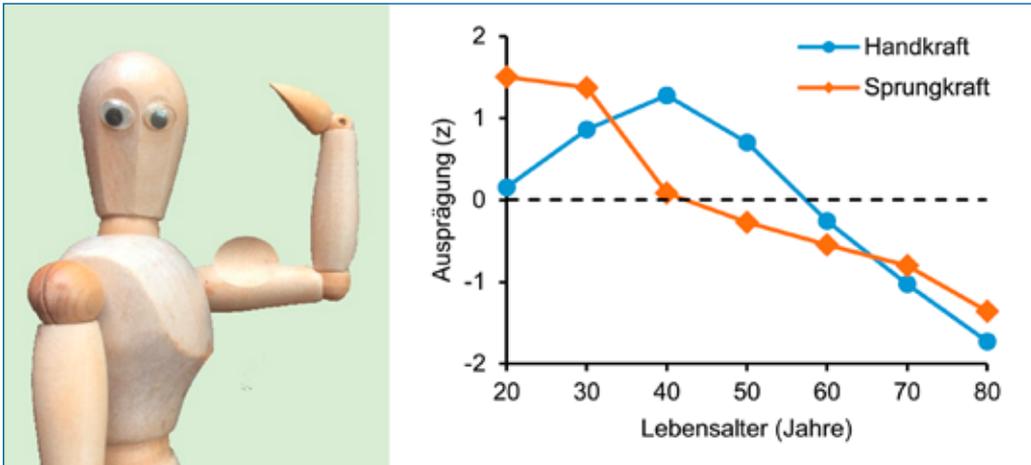


Abbildung 14.9: Entwicklung der Hand- und Sprungkraft im Laufe des Erwachsenenalters (Daten aus Willimczik et al., 2006)<sup>124</sup>

geglichen werden kann, dass die neuronale Aktivierung „Umwege“ über andere Nervenzellen nimmt. So lässt sich beispielsweise nachweisen, dass bei älteren Menschen größere Bereiche des Gehirns für die kognitive Verarbeitung herangezogen werden oder sogar zusätzliche Bereiche dazu geschaltet werden (Reinhardt, 2009). Es gibt Überlegungen, dass diese „Umwege“ in den Nervenleitungen für die Verlangsamung der kognitiven Leistungen bei Älteren verantwortlich sind (Haywood & Getchell, 2014). In etwas feinkörniger Betrachtung der Koordinationsentwicklung im Erwachsenenalter unterscheiden Roth und Roth (2009) einen „Motorikanteil“, der sich auf die Prozesse der Bewegungsorganisation bezieht, und einen „perzeptiven Anteil“, der die Wahrnehmung der jeweils vorliegenden Situation widerspiegelt. Dabei stellen sie fest, dass bei ganzkörperlichen Koordinationsaufgaben die Leistungen im Durchschnitt schon ab dem 30. Lebensjahr zurückgehen, bei feinmotorischen Aufgaben dieser Rückgang ab dem 40. Lebensjahr nachweisbar ist und bei einfachen reaktionsbezogenen Aufgaben erst ab dem 60. Lebensjahr ein Rückgang beobachtet werden kann. Was das Erlernen neuer Bewegungsmuster oder die Optimierung bereits gekannter Bewegungen angeht, weisen Voelcker-Rehage und Willimczik (2006) jedoch zugleich darauf hin, dass die motorische Lernfähigkeit bis ins hohe Alter erhalten bleibt: Was Hänchen nicht

gelernt hat, kann also Hans immer noch lernen – und Hannah ebenso.

Diese Erkenntnis bringt uns wieder zurück zu Mats, den wir im Einleitungsbeispiel zu diesem Kapitel kennengelernt haben. Auf der Grundlage der studierten Literatur weiß er um die koordinativen Grundlagen, über die seine Seniorinnen und Senioren noch verfügen. Zugleich weiß er aber, dass diese Grundlagen trainiert werden müssen, damit sie nicht verlorengehen. Deshalb entwirft Mats Übungen mit hohen koordinativen Anforderungen in sensomotorischer Hinsicht – dies nicht zuletzt auch, um „den Kopf“ der Residenzbewohnerinnen und -bewohner mit zu trainieren. Um körperlichen Überlastungen oder gar Verletzungsgefahren durch Stürze vorzubeugen, lässt er zumeist im Sitzen üben. Zudem gießt er die Übungen, wann immer möglich, in Spielformen, um die Motivation zu erhöhen und der Langweile entgegenzuwirken, von der ihm seine Chefin berichtet hat. So zusammengefasst, dürfen wir davon ausgehen, dass Dr. Winter sehr zufrieden mit dem von Mats entworfenen Bewegungsprogramm sein wird.

Wie wir an diesem Praxisbeispiel sehen, gilt für die Planung von sportlichem Training und Sportunterricht, dass die jeweiligen körperlichen und geistigen Voraussetzungen der Adressaten be-

## 14. Motorische Entwicklung

rücksichtigt werden müssen. Aus genau diesem Grund sind Kenntnisse zur motorischen Entwicklung unentbehrlich, um „entwicklungsgemäß“ trainieren und lehren zu können. Der Frage, was dies genau bedeutet, werden wir uns im folgenden Kapitel 15 zuwenden. Für Leserinnen

und Leser, die an einer Vertiefung interessiert sind, schließt sich hier jedoch zunächst ein zweiter Kapitelteil an, in dem wir näher erläutern, wie Entwicklungsdaten gewonnen werden und mit welchen Theorien sich Entwicklungsverläufe wissenschaftlich erklären lassen.

### 14.2 Forschungsmethoden und Theorien der Entwicklung

Im ersten Teil dieses Kapitels haben wir verschiedene Entwicklungskurven präsentiert, in denen der Verlauf einer Eigenschaft im Altersgang dargestellt wurde. Um solche Kurven richtig beurteilen zu können, sind Kenntnisse zu den Methoden ihrer Entstehung ebenso hilfreich wie deren Einordnung in übergeordnete theoretische Konzepte. Betrachten wir daher zunächst, wie Entwicklungsverläufe wissenschaftlich erhoben werden können.

#### 14.2.1 Erhebung von Entwicklungsverläufen

Daten für die Darstellung von Entwicklungsverläufen können mit verschiedenen Erhebungsdesigns gewonnen werden. Dies wird im Überblick in Abbildung 14.10 veranschaulicht, in der Altersangaben für Studienteilnehmende verschiedener Jahrgänge (hier: 1997–2006) aufgelistet sind, deren Entwicklungsstand (in einem beliebigen Merkmal) in verschiedenen Jahren (hier: 2011–2020) überprüft würde. In Querschnittsuntersuchungen (cross-sectional design) werden zu ein und demselben Zeitpunkt Daten

		Erhebungszeitraum									
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Geburtsjahrgang	2006	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	2005	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	2004	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	2003	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	2002	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	2001	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	2000	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1999	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	1998	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
	1997	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

Abbildung 14.10: Lebensalter in Abhängigkeit vom Geburtsjahrgang und Erhebungszeitraum in Entwicklungsstudien im Querschnittsdesign (blau), Längsschnittsdesign (rot) oder Kohorten-Sequenz-Design (gelb) sowie in Zeitwandelstudien (grün)

## 14. Motorische Entwicklung

systemtheoretische Grundlegung verwiesen, wie wir sie in Kapitel 2 für die Formung von Aufgabenräumen besprochen haben, nämlich auf den systemdynamischen Ansatz von Newell (1986).

Zur Erinnerung wird die – bereits in Abbildung 2.6 veranschaulichte – Systematik von Newell (1986) noch einmal in Abbildung 14.13 wiedergegeben. Danach resultiert Bewegungskoordination und -kontrolle aus dem systemischen Wirken verschiedener Randbedingungen. Verdeutlicht an der links abgebildeten iranischen Hockey-Nationalspielerin, der vielleicht die Teilnahme an einem turnierentscheidenden Shoot-out bevorsteht, bedeutet dies, dass die Art ihres Angriffs durch personenbezogene Randbedingungen bestimmt wird, etwa in Bezug auf ihr Technik-Repertoire oder ihre Konzentrationsfähigkeit, ferner durch umweltbezogene Randbedingungen, zum Beispiel hinsichtlich Zuschauerunterstützung oder Beschaffenheit des Hallenbodens, und schließlich durch aufgabenbezogene Randbedingungen, etwa im Hinblick auf die Griffigkeit des Schlägers oder die Vorsicht, die aufgrund der bislang parteiisch pfeifenden Schiedsrichterin geboten ist. Diese – aus Kapitel 2 bereits bekannte – bewegungskontrollbezogene Analyse muss aus entwicklungstheoretischer Sicht um eine lebenslaufbezogene Dynamik erweitert werden, in Ab-

bildung 14.13 veranschaulicht durch die Anordnung eines mehrfach wiedergegebenen Person-Umwelt-Aufgabe-Dreiecks auf einem Zeitpfeil. Beginnen wir diese Erweiterung mit den zuletzt genannten aufgabenbezogenen Randbedingungen, so liegt es für die betrachtete Sportspielsituation auf der Hand, dass der historische Kontext insofern von entscheidender Bedeutung ist, als der Shoot-out nur deshalb stattfinden kann, weil er im Feldhockey 2011 in Ablösung des zuvor durchgeführten Penalty-Schießens eingeführt wurde. Umweltbezogene Randbedingungen spielen aus Entwicklungsperspektive im vorliegenden Beispiel unter anderem auch deshalb eine Rolle, weil der Teilnahme am Sport für eine Iranerin eine andere Bedeutung zukommt als für eine Europäerin. Auch wenn dieser Unterschied keinen unmittelbaren Einfluss auf die bevorstehende Angriffsaktion ausüben sollte, scheint dieser Hintergrund als Randbedingung der soziokulturellen Umwelt doch durch, da sich die sportlichen Bewegungserfahrungen, die Frauen in den beiden Kulturkreisen ermöglicht werden, stark unterscheiden. Und aufseiten der Person schließlich könnte es eine besondere individuelle Erfahrung gewesen sein, die sie zum Sport gebracht hat, vielleicht ein TV-Bericht über Laleh Sadigh, die weibliche Ralley-Ikone des Iran. Aus Entwicklungsperspektive ist die aus diesem

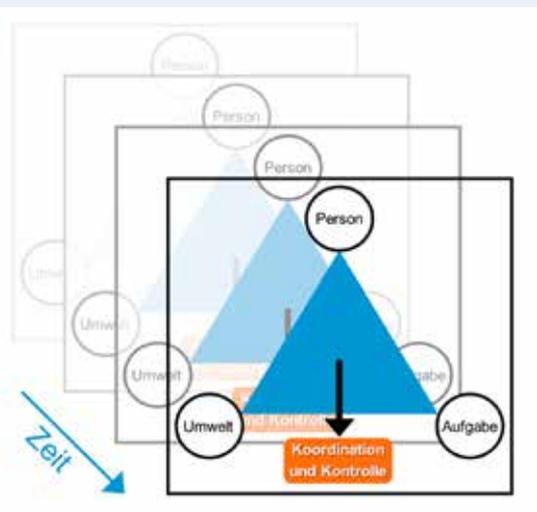
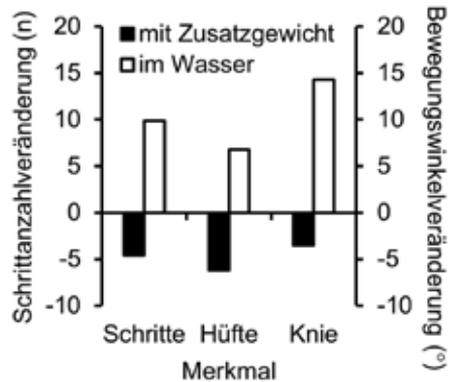


Abbildung 14.13: Personen-, umwelt- und aufgabenbezogene Randbedingungen der Entwicklung (nach Newell, 1986)<sup>126</sup>

**Kasten 14.2: Bei Neugeborenen ist das Verhältnis von Muskelkraft und Beingewicht die entscheidende Randbedingung für das Auftreten des Schreitreflexes (Thelen et al., 1984).<sup>127</sup>**



Der Schreitreflex wird bei Neugeborenen ausgelöst, indem das unter den Achseln gehaltene Baby leicht nach vorne geneigt so über einen Tisch gehalten wird, dass die Fußsohlen die Tischplatte berühren. In Studie 1 ihrer Publikation stellten Esther Thelen, Donna Fisher und Robyn Ridley-Johnson hierzu fest, dass sich bei den 40 untersuchten Säuglingen die Anzahl der pro Minute erzeugten Schritte von der zweiten bis zur sechsten Lebenswoche um nahezu 40 % verringerte. Da aber die Babys im gleichen Zeitraum erheblich an Gewicht zunahmen, fragten sich die Autorinnen, ob diese Abnahme vielleicht gar nicht so sehr auf ein natürliches Erlöschen des Reflexes zurückzuführen sein könnte als vielmehr auf das zunehmend ungünstige Verhältnis von muskulärer Kraft und Beingewicht, welches die Auslösung des – allfällig weiterhin bestehenden – Schreitreflexes behindern könnte. Zur Prüfung dieser Hypothese untersuchten sie in zwei weiteren Studien jeweils zwölf Kinder im Alter zwischen vier Tagen und vier Wochen, mit denen der Schreittest unter normalen und zudem unter veränderten Be-

dingungen durchgeführt wurde. Während in Studie 2 die Veränderung darin bestand, dass Zusatzgewichte an den Beinen angebracht wurden, die in etwa der Gewichtszunahme zwischen der vierten und sechsten Lebenswoche entsprach, wurde in Studie 3 – wie in der Methodenabbildung angedeutet – der Test auch in einem mit warmen Wasser gefüllten Becken durchgeführt, um das Beingewicht künstlich zu verringern. Die in den beiden Studien erhaltenen Befunde werden in der Resultatsabbildung als Veränderungen von der normalen zur zusätzlichen Testbedingung veranschaulicht. Wie vorhergesagt, verringerte sich die Anzahl der pro Minute ausgeführten Schritte bei Zusatzgewichten, während sie sich im Wasser drastisch erhöhte. Ergänzend durchgeführte Bewegungsanalysen zeigten, dass die während eines Schrittzklus in Hüfte und Knie erzeugten Maximalwinkel in korrespondierender Weise ab- oder zunahm. Dies legt die Vermutung nahe, dass das Verhältnis von Muskelkraft und Beingewicht in der Tat die entscheidende Randbedingung für das Auftreten des Schreitreflexes ist.

## 14. Motorische Entwicklung

kritischen Ereignis resultierende Sportbiografie der Athletin von offensichtlicher Bedeutung, im generellen Sinne im Hinblick auf die Persönlichkeitsentwicklung, im speziellen Sinne, wenn es um die Rückführung der in einem Shoot-out gezeigten Leistung auf personenbezogene Randbedingungen geht.

In der Bewegungswissenschaft wird ein systemdynamischer Blickwinkel auf die motorische Entwicklung insbesondere mit dem Namen von Esther Thelen (z.B. Thelen & Smith, 1994) verbunden. Auf der Seite der Person lassen sich nach ihrer Vorstellung relativ stabile Randbedingungen struktureller Natur von relativ variablen Randbedingungen funktioneller Natur unterscheiden. Die strukturellen Randbedingungen beinhalten die endogenen Entwicklungsvoraussetzungen wie beispielsweise die Organentwicklung oder auch die genetische Disposition, darüber hinaus auch eventuelle Verletzungen oder Behinderungen. Funktionelle Randbedingungen betreffen hingegen die Vorerfahrungen sowie verhaltensbeeinflussende kognitive und emotional-sozial-affektive Prozesse, die das Verhalten beeinflussen, wie etwa Leistungsbereitschaft oder Ängstlichkeit. Beispielsweise konnten Thelen et al. (1984) in diesem Zusammenhang aufzeigen, dass bei Säuglingen der Schreitreflex nicht aufgrund endogener Gegebenheiten in den ersten Lebensmonaten verschwindet. Vielmehr war es den Forscherinnen möglich, den Reflex gezielt hervorzurufen oder gezielt zu unterdrücken, indem das Beingewicht entweder verkleinert oder vergrößert wurde. Danach scheint das Verhältnis von Muskelkraft und Beingewicht die entscheidende Randbedingung dafür zu sein, dass der Schreitreflex – als emergentes Resultat eines systemischen Zusammenwirkens – beobachtbar ist oder nicht (für Details siehe Kasten 14.2).

Wie passt jetzt aber das bisher in diesem Kapitel zur motorischen Entwicklung Gesagte mit den theoretischen Grundlagen zusammen, die wir in den vorangegangenen Kapiteln kennengelernt haben, also insbesondere mit der Theorie interner Modelle (vgl. Abbildung 7.2) sowie ihrer aktuellen Variante der optimalen Feedback-Kontrolle (vgl. Abbildung 7.13)? Die tatsächlich sehr enge Passung wird verständlich, wenn wir uns die im zwei-

ten Teil des Kapitels 13 in Zusammenhang mit dem Strukturlernen eingeführten „Übersetzungen“ des Neulernens als Formation (task-space formation) und des Optimierens als Exploration (task-space exploration) von Aufgabenräumen in Erinnerung rufen. Danach stellen die für eine gelungene Bewegungsausführung zentralen Prädiktorsysteme nichts anderes dar als erfahrungsabhängig formierte Abbildungen objektiv gegebener Zusammenhänge, die sich wiederum als Aufgabenräume visualisieren lassen.

Vor genau diesem Hintergrund beschreiben (z.B. Thelen & Smith, 1994) Fertigkeitentwicklung als langsame Verformung von Aufgabenräumen unter dem Einfluss systemischer Randbedingungen, wie sie in Abbildung 14.13 wiedergegeben sind. In Abbildung 14.14 wird dieser Prozess am Beispiel eines Aufgabenraums veranschaulicht, der – wie oben in der Abbildung gezeigt – anfänglich nur einen einzigen Attraktor umfasst. Im Vergleich zu den bisher bekannten Abbildungen – insbesondere zum Dartwurf (vgl. die Abbildungen 2.8 und 8.7) – handelt es sich hier um eine nur zweidimensionale Darstellung eines Aufgabenraums, die es dann aber zeichnerisch erlaubt, „nach vorne“ eine entwicklungsbezogene Zeitachse hinzuzufügen. Im unteren Teil der Abbildung 14.14 wird in diesem Sinne am Beispiel der unterschiedlichen Entwicklungsverläufe zweier Personen verdeutlicht, wie sich dieser Aufgabenraum im Laufe der Zeit verzweigt. Aus dem anfänglich undifferenzierten Attraktor (A+B+C) bilden sich nämlich in der Landschaft drei klar abgrenzbare „Täler“ heraus (A, B und C). Diese Attraktoren könnten für unterschiedliche Fortbewegungsarten stehen, in der Leichtathletik etwa für die auf Kurz-, Mittel- und Langstrecken jeweils bevorzugten Laufstile, die sich aus einer anfänglich undifferenzierten Fertigkeit des „Laufen“ herauschälen. Wie wir in Abbildung 15.2 am Beispiel der Entwicklung des Gehens im Säuglingsalter noch genauer sehen werden, können diese Entwicklungsverläufe im interindividuellen Vergleich sehr unterschiedlich ausfallen, was in Abbildung 14.14 dadurch veranschaulicht wird, dass sich bei der links dargestellten Person der Attraktor A vor dem Attraktor C in die Landschaft „eingräbt“, während diese Reihung bei der rechts dargestellten Person umgekehrt ausfällt.

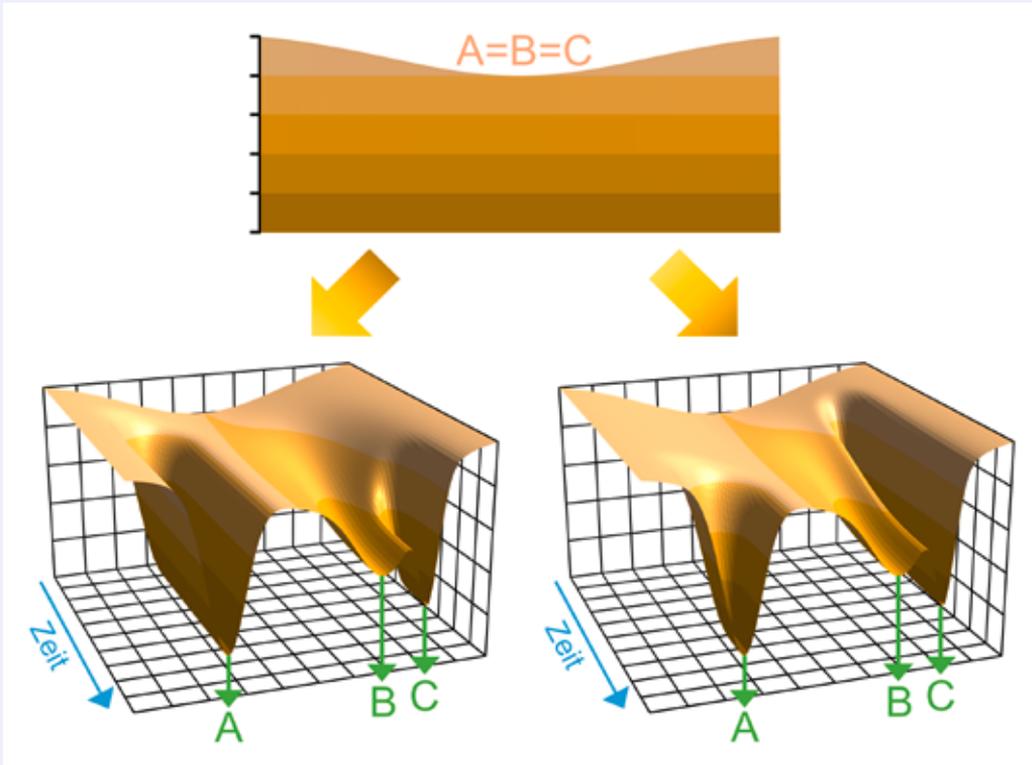


Abbildung 14.14: Ausdifferenzierung individueller Möglichkeiten der Aufgabenlösung mit entwicklungsbezogen unterschiedlicher Ausbildung des Attraktors A (links früh, rechts spät) und C (links spät, rechts früh)

Erinnern wir uns an die in Abbildung 14.1 getroffene Unterscheidung von motorischen Veränderungsprozessen in Abhängigkeit vom betrachteten Zeitraum zurück, zeigt sich jetzt, dass diese Prozesse ineinander verwoben sind. Während sich motorische Adaptation (und motorische Kontrolle) auf die Dynamik in einer eng umrissenen „Zeitscheibe“ bezieht, die gewissermaßen quer aus den in Abbildung 14.14 dargestellten Landschaften herausgeschnitten wird, betreffen motorische Lernprozesse das frühere oder spätere „Eingraben“ eines fertigkeit-

bezogenen Attraktors, während die langfristige Gesamtheit sämtlicher Veränderungsprozesse der motorischen Entwicklung zuzurechnen ist. Akzeptiert man die hiermit vorgenommene Einordnung, laufen Theorien der motorischen Kontrolle und Theorien der motorischen Entwicklung letztlich auf ein und dasselbe hinaus; voneinander zu unterscheiden sind sie dann allein dadurch, aus welcher Perspektive und auf welcher Zeitskala menschliches Bewegungsverhalten betrachtet wird.