



Ingo Menrath · Christine Graf  
Urs Granacher · Susi Kriemler *Hrsg.*

# Pädiatrische Sportmedizin

Kompendium für Kinder- und  
Jugendärzte, Hausärzte  
und Sportärzte

 Springer

# Pädiatrische Sportmedizin

Ingo Menrath · Christine Graf · Urs Granacher · Susi Kriemler  
(Hrsg.)

# Pädiatrische Sportmedizin

Kompendium für Kinder- und Jugendärzte, Hausärzte und  
Sportärzte

*Hrsg.*

Ingo Menrath  
Klinik für Kinder- und Jugendmedizin  
Universitätsklinikum Schleswig-Holstein  
Lübeck, Deutschland

Christine Graf  
Institut für Bewegungs- und  
Neurowissenschaft  
Deutsche Sporthochschule Köln  
Köln, Nordrhein-Westfalen, Deutschland

Urs Granacher  
Professur für Trainings- und  
Bewegungswissenschaft  
Universität Potsdam  
Potsdam, Brandenburg, Deutschland

Susi Kriemler  
Institut für Epidemiologie, Biostatistik und  
Prävention  
Universität Zürich  
Zürich, Schweiz

Gesellschaft für Pädiatrische Sportmedizin vermerken

„Aus Gründen der besseren Lesbarkeit verwenden wir in diesem Buch überwiegend das generische Maskulinum. Dies impliziert immer beide Formen, schließt also die weibliche Form mit ein“

ISBN 978-3-662-61587-4      ISBN 978-3-662-61588-1 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-61588-1>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über ► <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

© Andrey Kiselev/stock.adobe.com  
Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Planung/Lektorat: Christine Lerche

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

## Vorwort

---

Körperliche Aktivität und sportliches Training haben eine hohe Bedeutung für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen. Wenn Kinder und Jugendliche den Bewegungsempfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) von 60 min körperlicher Aktivität pro Tag bei moderaten bis hohen Intensitäten folgen und dreimal pro Woche Krafttraining absolvieren, hat dies einen hohen präventiven Wert, wodurch das Risiko für körperliche und psychische Erkrankungen sinkt und das psychosoziale Wohlbefinden steigt.

Auch in der Kinder- und Jugendmedizin wächst der Stellenwert von Bewegung, Spiel und Sport. Wir freuen uns daher, mit dem Kompendium zur pädiatrischen Sportmedizin ein vielseitiges Buch verfasst zu haben, das neben theoretischen Grundlagen einen hohen Praxisbezug hat. Die Inhalte haben Relevanz für Kinder und Jugendliche im Breiten- wie auch im Leistungssport. Für den Praxisalltag finden sich vielseitige Themen wie zum Beispiel die Sporttauglichkeitsuntersuchung oder die Trainingsanpassung unter besonderen äußeren Bedingungen. Aber auch für Kinder und Jugendliche mit einer chronischen Erkrankung sind körperliche Aktivität und sportliches Training von besonderer Bedeutung. Daher widmet sich ein Kapitel spezifischen Aspekten im Zusammenhang mit Sport und entsprechenden Entitäten.

Wir danken den zahlreichen Autoren unterschiedlichster Fachdisziplinen für ihre Beiträge, die maßgeblich dazu beigetragen haben, dass dieses Kompendium so viele Aspekte verschiedenster Bereiche abdeckt. Besonders freut es uns, dass wir Autoren aus Deutschland, der Schweiz und Österreich gewinnen konnten. Auch die Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Pädiatrische Sportmedizin (GPS) und der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP) hat viel zu der erfolgreichen Gestaltung dieses Kompendiums beigetragen.

Wir sind überzeugt, dass das Kompendium einen Beitrag leisten kann, dass wichtige medizinische Aspekte zum Thema körperliche Aktivität und sportliches Training im Kindes- und Jugendalter verstärkt Berücksichtigung finden. Unser Ziel ist es, dass Kinder und Jugendliche mit und ohne körperliche oder psychische Erkrankungen regelmäßig körperlich aktiv sind und so ihre Gesundheit fördern, ohne sich gleichzeitig einem gesundheitlichen Risiko auszusetzen.

**Ingo Menrath**

**Christine Graf**

**Urs Granacher**

**Susi Kriemler**

Im Sommer 2021

# Inhaltsverzeichnis

---

## I Einleitung

1	<b>Nutzen und Risiken von Bewegung und Sport im Kindes- und Jugendalter</b> .....	3
	<i>Susi Kriemler, Jochen Gunkel und Helge Hebestreit</i>	
1.1	Positive Auswirkungen von Bewegung, Sport und Training auf Körperfunktionen .....	4
1.2	Potenziell negative Auswirkungen von Bewegung, Sport und Training auf Körperfunktionen .....	7
	Literatur .....	8

## II Sportphysiologische Grundlagen im Kindesalter

2	<b>Entwicklung von Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination</b> .....	13
	<i>Claudia Niessner, Urs Granacher und Alexander Woll</i>	
2.1	Einführung in die Thematik .....	14
2.2	Begriffsbestimmung und theoretische Grundlagen .....	14
2.3	Entwicklungskurven der motorischen Leistungsfähigkeit .....	15
2.4	Relevanz der Bewertung von motorischen Entwicklungsverläufen in der Kinderarztpraxis .....	20
	Literatur .....	20
3	<b>Körperliche Leistungsfähigkeit im Kontext von Wachstum und Reifung</b> .....	23
	<i>Thea Fühner, Susi Kriemler, Alexander Woll und Urs Granacher</i>	
3.1	Methoden zur Abschätzung des biologischen Reifegrads .....	26
3.2	Modell zur Entwicklung der körperlichen Fitness im Kindes- und Jugendalter .....	28
	Literatur .....	32
4	<b>Einfluss von Bewegung und Sport auf die Gesundheit und Entwicklung</b> .....	35
	<i>Susi Kriemler, Helge Hebestreit und Thomas Radtke</i>	
4.1	Einleitung .....	36
4.2	Positive Auswirkungen von Sport .....	36
4.3	Einfluss von Sport auf die Entwicklung .....	42
4.4	Potenziell negative Auswirkungen von Bewegung und Sport .....	42
	Literatur .....	47

### III Aspekte von Training und Leistungssport im Kindes- und Jugendalter

5	<b>Training im langfristigen Leistungsaufbau</b> .....	53
	<i>Christoph Skutschik und Michael Behringer</i>	
5.1	<b>Sportliches Talent</b> .....	54
5.2	<b>Modelle des langfristigen Leistungsaufbaus</b> .....	57
5.3	<b>Spezialisierung</b> .....	60
5.4	<b>Training und Belastungssteuerung</b> .....	61
5.5	<b>Regeneration und Übertraining</b> .....	63
5.6	<b>Dropout</b> .....	65
	<b>Literatur</b> .....	65
6	<b>Diagnostik und Training von Kraft und Schnelligkeit</b> .....	69
	<i>Dirk Büsch und Urs Granacher</i>	
6.1	<b>Einleitung</b> .....	70
6.2	<b>Muskelkraft</b> .....	70
6.3	<b>Relevanz der Muskelkraft im Kindes- und Jugendalter</b> .....	71
6.4	<b>Kraftdiagnostik</b> .....	72
6.5	<b>Krafttraining</b> .....	73
6.6	<b>Schnelligkeit</b> .....	76
	<b>Literatur</b> .....	77
7	<b>Diagnostik und Training der Ausdauer</b> .....	79
	<i>Alexander Ferrauti</i>	
7.1	<b>Bedeutung der Ausdauer</b> .....	80
7.2	<b>Biologische Grundlagen</b> .....	81
7.3	<b>Diagnostik der Ausdauer</b> .....	83
7.4	<b>Training der Ausdauer</b> .....	86
	<b>Literatur</b> .....	89
8	<b>Diagnostik und Training von Koordination und Beweglichkeit</b> .....	91
	<i>Kathleen Golle und Teresa Rymarcewicz</i>	
8.1	<b>Koordination</b> .....	92
8.2	<b>Beweglichkeit</b> .....	97
	<b>Literatur</b> .....	102
9	<b>Training im Kindes- und Jugendalter als sportpädagogischer Prozess</b> ...	105
	<i>Thomas Wendeborn und Albrecht Hummel</i>	
9.1	<b>Einleitung</b> .....	106
9.2	<b>Trainingsprozesse im Kindes- und Jugendalter sind (sport-) pädagogische Prozesse</b> .....	106
9.3	<b>Trainieren: Eine besondere Form von Lernen</b> .....	109
9.4	<b>Training als Ausbildungsgeschehen in der Zeit</b> .....	111
9.5	<b>Beachtung der (Subjekt-)Position der Akteure</b> .....	112
9.6	<b>Fazit und worauf es letztlich ankommt</b> .....	113
	<b>Literatur</b> .....	114

10	<b>Sport bei speziellen äußeren Bedingungen (Höhe, Kälte, Hitze, Tauchen)</b> .....	117
	<i>Susi Kriemler und Benno Kretzschmar</i>	
10.1	<b>Höhe</b> .....	118
10.2	<b>Tauchen</b> .....	119
10.3	<b>Kälte und Hitze</b> .....	122
	<b>Literatur</b> .....	124
11	<b>Interdisziplinäre medizinische Betreuung von jungen Athleten und deren Familien im Verbund mit Physiotherapie und Trainern</b> .....	125
	<i>Florian Schaub</i>	
	<b>Literatur</b> .....	130
<b>IV</b>	<b>Pädiatrische Fragen in der sportmedizinischen Praxis</b>	
12	<b>Sportmedizinische Untersuchung/Sporttauglichkeit</b> .....	135
	<i>Jutta Noffz</i>	
12.1	Indikationen für Sporttauglichkeitsuntersuchungen .....	136
12.2	Inhalt der Sporttauglichkeitsuntersuchungen .....	137
12.3	Anamnese .....	137
12.4	Anthropometrie .....	140
12.5	Körperliche Untersuchung .....	141
12.6	Apparative Diagnostik .....	142
12.7	Liquidation .....	143
12.8	Abschließende Beratung .....	143
	<b>Literatur</b> .....	144
13	<b>Messung der körperlichen Leistungsfähigkeit in der Praxis</b> .....	145
	<i>Holger Förster und Peter Schober</i>	
13.1	Einleitung .....	146
13.2	Indikationen zur Ergometrie .....	146
13.3	Voraussetzungen zur Ergometrie .....	147
13.4	Durchführung der Ergometrie .....	149
13.5	Auswertung .....	153
	<b>Literatur</b> .....	156
14	<b>Kinderärztliche Empfehlungen und motivierende Beratung zur sportlichen Betätigung</b> .....	157
	<i>Hannah Hoffmann und Gallus Bischof</i>	
14.1	Förderung der körperlichen Aktivität in der kinderärztlichen Beratung .....	158
14.2	Motivierende Gesprächsführung .....	158
	<b>Literatur</b> .....	162



15	<b>Sport und Infektionen, Impfungen</b> .....	165
	<i>Christoph Härtel</i>	
15.1	Infektionen im Kindes- und Jugendalter .....	166
15.2	Impfungen: Schutz und Training des Immunsystems .....	171
	<b>Literatur</b> .....	174
16	<b>Ernährung</b> .....	175
	<i>Anja Carlsohn</i>	
16.1	Nutritive Bedarfe sporttreibender Heranwachsender .....	176
16.2	Gemeinschaftsgastronomische Verpflegungsangebote im Sport .....	180
16.3	Handlungsbedarf bei Ernährungskompetenz und Ernährungsassessment .....	180
	<b>Literatur</b> .....	181
17	<b>Dopingprävention im Kindes- und Jugendalter</b> .....	183
	<i>Tobias Stadtfeld</i>	
17.1	Definition Doping und Dopingmentalität .....	184
17.2	Häufigkeit des Missbrauchs, Substanzklassen, Nahrungsergänzungsmittel und ungewünschte Folgeerscheinungen .....	185
17.3	Präventionsmodelle – Status quo und Ausblick .....	186
	<b>Literatur</b> .....	191
18	<b>Sexualisierte Gewalt im Sport</b> .....	193
	<i>Birgit Palzkill</i>	
18.1	Sexualisierte Gewalt .....	194
18.2	Sportspezifische Risikofaktoren und Erscheinungsbilder sexualisierter Gewalt .....	194
18.3	Ausmaß sexualisierter Gewalt im Sport .....	195
18.4	Auswirkungen sexualisierter Gewalt auf das Sport- und Bewegungsverhalten .....	196
18.5	Handlungsstrategien gegen sexualisierte Gewalt .....	196
18.6	Intervention bei Verdacht auf sexualisierte Gewalt .....	198
	<b>Literatur</b> .....	199
 <b>V Prävention und Gesundheitsförderung</b>		
19	<b>Aktuelle Empfehlungen zu körperlicher Aktivität bzw. Inaktivität</b> .....	203
	<i>Christine Graf</i>	
19.1	Begriffsbestimmungen .....	204
19.2	Status quo und aktuelle Empfehlungen .....	205
19.3	Zugangswege .....	207
19.4	Diskussion und Fazit .....	209
	<b>Literatur</b> .....	209

20	<b>Digitale Medien in der pädiatrischen Sportmedizin: Mediennutzung der Zielgruppe, gesundheitliche Konsequenzen und praktische Einsatzgebiete</b> .....	211
	<i>Hagen Wulff, Julia Tappendorf und Petra Wagner</i>	
20.1	<b>Einleitung</b> .....	212
20.2	<b>Was sind digitale Medien und warum werden sie genutzt?</b> .....	212
20.3	<b>Mediennutzungsverhalten von Kindern und Jugendlichen</b> .....	213
20.4	<b>Mediennutzung, Bewegung und Gesundheit</b> .....	213
	<b>Literatur</b> .....	217
21	<b>Gesundheitsförderung im Schulsport</b> .....	219
	<i>Daniel Klein und Benjamin Koch</i>	
21.1	<b>Erziehender Sportunterricht</b> .....	220
21.2	<b>Salutogenese im Sportunterricht</b> .....	222
21.3	<b>Sportförderunterricht</b> .....	223
21.4	<b>Außerunterrichtlicher Schulsport und fächerübergreifende Aktivitäten</b> .....	223
21.5	<b>Fazit und Ausblick</b> .....	224
	<b>Literatur</b> .....	224
22	<b>Freistellung vom Schulsport</b> .....	227
	<i>Simone Schulze, Holger Förster und Susi Kriemler</i>	
22.1	<b>Rechtliche Grundlagen am Beispiel Baden-Württemberg</b> .....	228
22.2	<b>Einschränkung der Sportpflicht</b> .....	229
22.3	<b>Voll- und Teilsportbefreiung</b> .....	229
22.4	<b>Teilsportbefreiungen für spezielle Erkrankungen</b> .....	230
	<b>Literatur</b> .....	233

## VI Verletzungen und Notfälle

23	<b>Akute Verletzungen des Bewegungs- und Stützapparates</b> .....	237
	<i>Holger Schmitt</i>	
23.1	<b>Knochen- und Gelenkverletzungen</b> .....	238
23.2	<b>Muskel-, Sehnen- und Apophysenverletzungen</b> .....	240
23.3	<b>Verletzungen nach Körperregionen</b> .....	241
23.4	<b>Meniskus- und Kapsel-Band-Verletzungen</b> .....	246
	<b>Literatur</b> .....	248
24	<b>Schädelhirntrauma</b> .....	251
	<i>Daniela Marx-Berger</i>	
24.1	<b>Epidemiologie</b> .....	252
24.2	<b>Klinische Symptome und Zeichen einer Commotio cerebri</b> .....	252
24.3	<b>Diagnostik</b> .....	253
24.4	<b>Rekonvaleszenz nach Commotio cerebri</b> .....	253
24.5	<b>Medikamentöse Therapie</b> .....	253
24.6	<b>Return-to-Sport</b> .....	254
24.7	<b>Persistierende Symptome</b> .....	255
24.8	<b>Spätschäden</b> .....	255

24.9	<b>Prävention</b> .....	256
	<b>Literatur</b> .....	256
25	<b>Erste Hilfe bei medizinischen Notfällen bei Kindern und Jugendlichen</b> .....	257
	<i>Urs Wiget und Florian Schaub</i>	
25.1	<b>Lebensbedrohliche Notfallsituationen</b> .....	258
25.2	<b>Allgemeine Notfallsituationen</b> .....	261
	<b>Literatur</b> .....	267
26	<b>Muskuloskeletale Überlastungsbeschwerden bei Nachwuchsathleten</b> .....	269
	<i>Michael Cassel, Pia Brecht und Frank Mayer</i>	
26.1	<b>Epidemiologie – Häufigkeiten und Entitäten</b> .....	270
26.2	<b>Stressreaktionen und Stressfrakturen</b> .....	271
26.3	<b>Apophysitiden bzw. Apophysenfrakturen</b> .....	274
26.4	<b>Tendinopathien bei adoleszenten Athleten</b> .....	276
	<b>Literatur</b> .....	278
27	<b>Orthopädische Erkrankungen</b> .....	281
	<i>Daniel Studer</i>	
27.1	<b>Obere Extremität</b> .....	282
	<b>Literatur</b> .....	297

## **VII Sport bei ausgewählten Erkrankungen im Kindes- und Jugendalter**

28	<b>Kardiologische Erkrankungen</b> .....	301
	<i>Wolfgang Lawrenz</i>	
28.1	<b>Sport mit kardialen Erkrankungen</b> .....	302
28.2	<b>Sportempfehlungen für die häufigsten Herzfehler</b> .....	305
28.3	<b>Herzrhythmusstörungen</b> .....	308
28.4	<b>Kardiomyopathien</b> .....	310
28.5	<b>Myokarditis</b> .....	311
28.6	<b>Arterielle Hypertonie</b> .....	312
	<b>Literatur</b> .....	313
29	<b>Pneumologische Erkrankungen</b> .....	315
	<i>Helge Hebestreit und Thomas Radtke</i>	
29.1	<b>Diagnostische Clous aus Anamnese und körperlicher Untersuchung</b> .....	316
29.2	<b>Weitergehende Diagnostik</b> .....	318
29.3	<b>Wichtige Krankheitsbilder</b> .....	318
29.4	<b>Beratung</b> .....	321
	<b>Literatur</b> .....	321

30	<b>Sport bei endokrinologischen Erkrankungen</b> .....	323
	<i>Ingo Menrath, Simone von Sengbusch und Christine Graf</i>	
30.1	<b>Sport bei Diabetes mellitus Typ 1</b> .....	324
30.2	<b>Sport bei Übergewicht und Adipositas</b> .....	330
	<b>Literatur</b> .....	336
31	<b>Sport und körperliche Aktivität bei hämato-onkologischen Erkrankungen</b> .....	339
	<i>Miriam Götte, Sabine Kesting, Franziska Richter und Judith Gebauer</i>	
31.1	<b>Körperliche und sportliche Aktivität bei onkologischen Erkrankungen</b> .....	341
31.2	<b>Körperliche und sportliche Aktivität in der Langzeitnachsorge</b> .....	346
31.3	<b>Körperliche und sportliche Aktivität bei hämatologischen Erkrankungen</b> .....	349
	<b>Literatur</b> .....	353
32	<b>Psychiatrische und neurologische Erkrankungen</b> .....	355
	<i>Dennis Dreiskämper</i>	
32.1	<b>Einordnung</b> .....	356
32.2	<b>Ängste und Depressionen</b> .....	358
32.3	<b>Störungen des Sozialverhaltens</b> .....	359
32.4	<b>ADHS und Hyperaktivität</b> .....	359
32.5	<b>Essstörungen</b> .....	360
32.6	<b>Epilepsie</b> .....	361
	<b>Literatur</b> .....	362
33	<b>Rheumatische Erkrankungen und chronische Schmerzerkrankungen</b> ....	365
	<i>Daniel Sahn</i>	
33.1	<b>Einleitung</b> .....	366
33.2	<b>Juvenile idiopathische Arthritis (JIA)</b> .....	366
33.3	<b>Chronische Schmerzerkrankungen</b> .....	369
	<b>Literatur</b> .....	370
34	<b>Sport für Kinder und Jugendliche mit besonderen Herausforderungen</b> .....	371
	<i>Claudio Perret</i>	
34.1	<b>Häufigste Behinderungen, physiologische Konsequenzen und Leistungsfähigkeit</b> .....	372
34.2	<b>Herausforderungen beim Sport mit Behinderung</b> .....	374
34.3	<b>Trainingsprogramme und Trainingsempfehlungen</b> .....	374
34.4	<b>Spezielle Trainingsmöglichkeiten</b> .....	375
	<b>Literatur</b> .....	376
	<b>Serviceteil</b>	
	A1: Sportmedizinischer Anamnesebogen .....	378
	A2: Sportmedizinischer Untersuchungsbogen für Kinder und Jugendliche .....	380
	A3: Ärztliche Bescheinigung für die Teilnahme am Schulsport .....	383
	A4: Vorschlag einer Basisapotheke .....	385
	Literatur .....	387
	Stichwortverzeichnis .....	389

# Herausgeber- und Autorenverzeichnis

---

## Über die Herausgeber

---



### **PD Dr. Ingo Menrath**

Facharzt für Kinder- und Jugendmedizin, Pädiatrische Endokrinologie und Diabetologie. Oberarzt, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Lübeck.



### **Prof. Dr. Dr. Christine Graf**

Fachärztin für Allgemeinmedizin, Sport- und Ernährungsmedizin. Leiterin der Abteilung Bewegungs- und Gesundheitsförderung der Deutschen Sporthochschule Köln, Vizepräsidentin der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention.



### **Prof. Dr. Urs Granacher**

Leiter Professur für Trainings- und Bewegungswissenschaft, Universität Potsdam; Vorstandsmitglied der Gesellschaft für Kindersportmedizin (GPS).



### **Prof. Dr. Susi Kriemler**

Fachärztin für Pädiatrie und Sportmedizin, Wissenschaftlerin am Institut für Epidemiologie, Biostatistik und Prävention der Universität Zürich; Präsidentin der Gesellschaft für Kindersportmedizin (GPS).

## Autorenverzeichnis

---

**Prof. Dr. Dr. Michael Behringer** Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Sportwissenschaften, Arbeitsbereich Sportmedizin und Leistungsphysiologie, Campus Ginnheim, Frankfurt am Main, Deutschland

**Dr. Gallus Bischof** Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Universität zu Lübeck, Lübeck, Deutschland

**Pia Brecht** Abteilung für Kinderorthopädie und Kindertraumatologie, Helios Klinikum Emil von Behring, Berlin, Deutschland

**Prof. Dr. Dirk Büsch** Arbeitsbereich Sport und Training, Institut für Sportwissenschaft, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Oldenburg, Deutschland

**Prof. Dr. Anja Carlsohn** Department Ökotrophologie, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Hamburg, Deutschland

**Dr. Michael Cassel** Zentrum für Sportmedizin, Hochschulambulanz der Universität Potsdam, Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

**Dr. Dennis Dreiskämper** Institut für Sportwissenschaft, Universität Münster, Münster, Deutschland

**Prof. Dr. Alexander Ferrauti** Lehrstuhl für Trainingswissenschaft, Fakultät für Sportwissenschaft, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland

**Dr. Holger Förster** Praxis für Pädiatrie und Sportmedizin, Salzburg, Österreich

**Thea Fühner** Professur für Trainings- und Bewegungswissenschaft, Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

**Dr. Judith Gebauer** Med. Klinik 1, Abteilung für Endokrinologie, Diabetologie und Stoffwechselmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Lübeck, Deutschland

**Dr. Kathleen Golle** Professur für Trainings- und Bewegungswissenschaft, Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

**Prof. Dr. Dr. Christine Graf** Institut für Bewegungs- und Neurowissenschaft, Köln, Deutschland

**Prof. Dr. Urs Granacher** Professur für Trainings- und Bewegungswissenschaft, Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

**Jochen Gunkel** Chefarzt Kinderabteilung, Klinikum Schleswig i.R., Schleswig, Deutschland

**Dr. Miriam Götte** Zentrum für Kinder- und Jugendmedizin, Universitätsklinikum Essen, Essen, Deutschland

**Prof. Dr. Helge Hebestreit** Universitäts-Kinderklinik Würzburg, Würzburg, Deutschland

**Dipl.-Psych. Hannah Hoffmann** Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Universität zu Lübeck, Lübeck, Deutschland

**Prof. em. Dr. Albrecht Hummel** Falkensee, Deutschland

**Prof. Dr. Christoph Härtel** Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Lübeck, Deutschland

**Dr. Sabine Kesting** Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften, München, Deutschland

**Dr. Daniel Klein** Institut für Sportdidaktik und Schulsport, Institut für Outdoor Sport und Umweltforschung, Deutsche Sporthochschule Köln, Köln, Deutschland

**Dr. Benjamin Koch** Landesinstitut für Schule, Freie Hansestadt Bremen, Bremen, Deutschland

**Dr. Benno Kretzschmar** Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, St. Georg Klinikum Eisenach, Eisenach, Deutschland

**Prof. Dr. Susi Kriemler** Institut für Epidemiologie, Biostatistik und Prävention, Universität Zürich, Zürich, Schweiz

**Dr. Wolfgang Lawrenz** Katholisches Klinikum Essen, St. Vincenz-Krankenhaus, Klinik für Kardiologie, Essen, Deutschland

**Dr. Daniela Marx-Berger** Ostschweizer Kinderspital St. Gallen, Sportmedizin und pädiatrische Nephrologie, Ostschweizer Kinderspital, St. Gallen, Schweiz

**Prof. Dr. Frank Mayer** Zentrum für Sportmedizin, Hochschulambulanz der Universität Potsdam, Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

**PD Dr. Ingo Menrath** Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Lübeck, Deutschland

**Dr. Claudia Niessner** Institut für Sport und Sportwissenschaften, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

**Dr. Jutta Noffz** Institut für Sportwissenschaft, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Deutschland

**Dr. Birgit Palzkill** Köln, Deutschland

**PD Dr. Claudio Perret** Schweizer Paraplegiker-Zentrum, Sportmedizin Nottwil, Nottwil, Schweiz

**Dr. Thomas Radtke** Institut für Epidemiologie, Biostatistik und Prävention, Universität Zürich, Zürich, Schweiz

**Franziska Richter** Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Lübeck, Deutschland

**Teresa Rymarcewicz** Professur für Trainings- und Bewegungswissenschaft, Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

**Dr. Daniel Sahn** Kinder- und Jugendrheumatologe, Deutsches Zentrum für Kinder- und Jugendrheumatologie Garmisch-Partenkirchen, Garmisch-Partenkirchen, Deutschland

**Dr. Florian Schaub** Universitätskinderspital Zürich und Schulthess Klinik, Zürich, Schweiz

**Dr. Holger Schmitt** Atosklinik, Deutsches Gelenkzentrum Heidelberg, Heidelberg, Deutschland

**Peter Schober** Graz, Österreich

**Dr. Simone Schulze** Kinder- und Jugendärztin, Eppingen, Deutschland

**Dr. Simone von Sengbusch** Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Lübeck, Deutschland

**Christoph Skutschik** Gothe-Universität Frankfurt, Institut für Sportwissenschaften, Arbeitsbereich Sportmedizin und Leistungsphysiologie, Campus Ginnheim, Frankfurt am Main, Deutschland

**Dr. Tobias Stadtfeld** Wormeldange, Luxembourg

**Dr. Daniel Studer** Abteilung für Orthopädie, Universitäts-Kinderspital beider Basel (UKBB), Universität Basel, Basel, Schweiz

**Julia Tappendorf** Institut für Gesundheitssport & Public Health, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland

**Prof. Dr. Petra Wagner** Institut für Gesundheitssport & Public Health, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland

**Jun.-Prof. Dr. Thomas Wendeborn** Institut für Sportpsychologie und Sportpädagogik, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland

**Dr. Urs Wiget** Uitikon Waldegg, Schweiz

**Prof. Dr. Alexander Woll** Institut für Sport und Sportwissenschaften, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

**Dr. Hagen Wulff** Institut für Gesundheitssport & Public Health, Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland



# Einleitung

## Inhaltsverzeichnis

### **Kapitel 1 Nutzen und Risiken von Bewegung und Sport im Kindes- und Jugendalter – 3**

*Susi Kriemler, Jochen Gunkel und Helge Hebestreit*



# Nutzen und Risiken von Bewegung und Sport im Kindes- und Jugendalter

*Susi Kriemler, Jochen Gunkel und Helge Hebestreit*

## Inhaltsverzeichnis

- 1.1 Positive Auswirkungen von Bewegung, Sport und Training auf Körperfunktionen – 4
- 1.2 Potenziell negative Auswirkungen von Bewegung, Sport und Training auf Körperfunktionen – 7
- Literatur – 8

Es ist wohl heute unbestritten, dass Bewegung und Sport sich positiv auf verschiedenste Aspekte von Gesundheit und Entwicklung von Kindern und Jugendlichen auswirken (■ Tab. 1.1), dennoch sind sie auch mit Risiken verbunden (■ Tab. 1.2). Weitergehende Ausführungen werden in anderen Kapiteln beschrieben (s. Querverweise in den Tabellen).

### 1.1 Positive Auswirkungen von Bewegung, Sport und Training auf Körperfunktionen

**Körperzusammensetzung** Kinder und Jugendliche, die körperlich genügend aktiv sind und bleiben, haben weniger Körperfett als diejenigen, die körperlich inaktiv sind (Hills et al. 2011). Körperlich aktive Kinder und Jugendliche haben, insbesondere nach der Pubertät, mehr Muskelmasse und -kraft (Granacher et al. 2011), was sich ebenfalls positiv auf viele Gesundheitsparameter auswirkt (Behm et al. 2017; Hammami et al. 2016).

**Längenwachstum und Pubertätsentwicklung** Das Längenwachstum von Jungen und Mädchen auch bei intensivstem Sport ist entgegen der oft zitierten Meinung, dass intensives Training das Längenwachstum kompromittieren kann, nicht eingeschränkt. Dies betrifft sowohl das gesamte Längenwachstumspotenzial als auch die einzelnen Körpersegmente. Ebenfalls gibt es keinerlei Hinweise, dass die pubertäre Entwicklung, weder die Wachstumsgeschwindigkeit noch der Zeitpunkt und die Geschwindigkeit des pubertären Wachstumsschubs, verzögert ist (Malina et al. 2013). Nicht ganz ausgeschlossen ist, dass jedoch intensives Training zu Veränderungen des endokrinen Systems führen kann.

**Symmetrie** Bei einseitigem Training können sich die Körperstrukturen, insbesondere

Muskulatur und Knochen, asymmetrisch anpassen und hypertrophieren. Studien an intensiv trainierenden Kindern und Jugendlichen in Schlagsportarten zeigen, dass sich die skelettalen Strukturen an die intensive Beanspruchung anpassen, die Muskulatur hypertrophiert, der Knochen dichter wird und mit endostalem sowie periostalem (je nach Pubertätsstadium) Wachstum reagiert (Warden et al. 2014).

#### ■ Sehnen, Knorpel, Knochen

**Sehnen** Eine regelmäßige mechanische Beanspruchung von Sehnen und Muskel-Sehnen-Einheiten führt zu einer Zunahme des Durchmessers der Sehnen relativ zu funktionellen und morphologischen Anpassungen des Muskels, die gleichzeitig zu einer erhöhten Steifigkeit und damit Stabilität der Sehnen führen (Couppe et al. 2008; Kjaer et al. 2009; Mersmann et al. 2017).

**Knochen** 43 % der maximalen Knochenmasse („peak bone mass“) wird während ca. 5 Jahren um die maximale Wachstumsgeschwindigkeit zur Mitte der Pubertät erworben. Körperlich aktive Kinder und Jugendliche zeigen höhere Knochendichten als ihre inaktiven Kollegen. Dabei scheinen Belastungsformen des Knochens, welche Stöße („impact loading“) induzieren (springen, hüpfen, joggen), den Knochen biegen („bending“: Krafttraining) oder ziehen („torque“: Klettern), einen optimalen Stimulus zu setzen (Hart et al. 2017).

**Knorpel** Knorpel scheint wenig zu reagieren auf erhöhte mechanische Beanspruchung. Dies entspricht auch seiner Unfähigkeit, nach einer Verletzung zu regenerieren. Knorpel scheint sich deshalb zu unterscheiden von anderen muskuloskelettalen Geweben, da er nicht mit einem Zuwachs von Gewebe auf mechanischen Stress reagieren kann (Eckstein et al. 2006).

**Tab. 1.1** Nachgewiesene und diskutierte Effekte von Bewegung und Sport im Kindes- und Jugendalter

	Auswirkung	Effekt von Bewegung, Sport und Training	Referenzen, Kapitel
Leistungsfähigkeit	Ausdauer	↑	2, 3, 7
	Kraft	↑	2, 3, 6
	Schnelligkeit	↑	2, 3, 6
	Koordination	↑	2, 3, 8
Anpassung des Körpers	Körperzusammensetzung	Fettanteil ↓, Muskelmasse v.a. nach der Pubertät ↑	2 (Hills et al. 2011)
	Längenwachstum, Pubertät	Kein Effekt	3 (Malina et al. 2013)
	Symmetrie	Hypertrophe Muskel- und Skelettanpassung an der belasteten Seite	(Warden et al. 2014)
	Herzfunktion	Volumen linker Ventrikel ↑, Schlagvolumen ↑, Ruhe-Herzfrequenz ↓, max. Herzfrequenz →	(Bjerring et al. 2019)
	Lungenfunktion	Vitalkapazität und Einsekundenkapazität → bis ↑, max. Ventilation ↑	(Bovard et al. 2018; Nourry et al. 2005)
	Sehnen Knorpel Knochen	Querschnitt ↑ Keine Anpassung Querschnitt & Dichte ↑	4.2 (Mersmann et al. 2017)
Psyche und Verhalten	Selbstvertrauen	↑	4.2 (Rodriguez-Ayllon et al. 2019)
	Stimmung	↑	4.2 (Biddle und Asare 2011)
	Sozialverhalten	↑	(Carson et al. 2016; Poitras et al. 2016)
Kognition	Gedächtnis, Aufmerksamkeit, schulische Leistungen	↑ bis →	4.2 (Hillman et al. 2011)
Verhinderung von Krankheiten	Zukünftiges Bewegungsverhalten	→ bis ↑	(Rauner et al. 2015; Telama 2009; Telama et al. 2014)
	Herz-Kreislauf-Risikofaktoren (Bluthochdruck, Blutfette, -zucker)	↓	4.2 (Andersen et al. 2011)
	Osteoporoserisiko	↓	4.2 (Warden et al. 2014)
	Infektionen	↓ bis ↑ je nach Intensität und Risiko	15 (Walsh 2018)

**Tab. 1.2** Potenzielle Risiken von Bewegung und Sport im Kindes- und Jugendalter

	Beispiele	Referenzen, Kapitel
Akute Verletzungen	Muskelverletzungen, Zerrungen, Bandruptur, Knochenbrüche	23 (C. Emery und Tyreman 2009; C. A. Emery 2003)
Überlastungsschäden	Apophysitiden, Tendinitiden, Stressfrakturen	26 (DiFiori et al. 2014)
Plötzlicher Tod	Bei Myokarditis oder kardialen Anomalien	4.4 (Chandra et al. 2013; Corrado 2005)
Eisenmangel	Anämie, Leistungseinbusse	4.4 (Clenin et al. 2015)
Pubertäre Reifung	Primäre oder sekundäre Amenorrhoe	2.3 (Malina et al. 2013)
Essstörung, Energiedefizit	Multiple psychische und physische Störungen	4.4 (Joy et al. 2016)
Amenorrhoe	Primäre oder sekundäre Amenorrhoe	4.4 (Ackerman und Misra 2011)
Kälte-/Hitzeschäden	Unterkühlung, Sonnenstich, Hitzeerschöpfung, Hitzschlag	10.3 (Council on Sports 2011)
Doping	Anabolika, Sexhormone	4.4, 17 (Dandoy und Gereige 2012)
Übertraining/Burnout	Herzfrequenz in Ruhe, Schlafstörungen, Kopfschmerzen, Übelkeit, vermehrte Verletzungs- und Infektanfälligkeit Stimmungsschwankungen, fehlende Trainings- und Wettkampfmotivation	4.4 (Sabato et al. 2016; Winsley und Matos 2011)
Gewalt im Sport	Doping, sexueller Missbrauch, emotionale Gewalt, Diskrimination	4.4, 17, 18 (Mountjoy et al. 2015)

**Herzfunktion** Trainierte Erwachsene weisen verschiedene strukturelle und funktionelle Anpassungen des Herzens und kardiovaskulären Systems auf, die unter dem Begriff „Sporthertz“ subsummiert werden. Es finden sich ein vergrößerter linker Ventrikel, eine Sinusbradykardie, EKG-Veränderungen im Sinne einer linksventrikulären Hypertrophie, verschiedene AV-Blockbilder und ST-T Wellenveränderungen, die normalen Anpassungen auf das Training entsprechen und nichts mit einer Herzerkrankung zu tun haben. Training vor und während der Pubertät scheint initial das Myokardvolumen des linken Ventrikels im Sinne einer konzentrischen Anpassung und sekundär das endsystolische und enddiastolische Volumen im Sinne einer exzen-

trischen Anpassung zu vergrößern (Bjerring et al. 2018, 2019). Die maximale Herzfrequenz ändert sich durch Training nicht, aber sowohl der Ruhepuls als auch die submaximale Herzfrequenz werden niedriger. In Ruhe sind die Herzfrequenzen von präadoleszenten Rennradfahrern und Schwimern um zirka 10 Schläge geringer als bei Nichtsportlern (Rowland 2008).

**Lungenfunktion** Ausdauertrainierte jugendliche Sportler zeigen oft erhöhte Lungenvolumina und -flüsse gegenüber Gleichaltrigen, und einzelne Studien zeigen eine Anpassung der Lungenvolumen und -flüsse an ein sportliches Training (Nourry et al. 2005). Unklar bleibt, ob es sich um klare Trainingseffekte oder eher um eine genetische Selektion von

Jugendlichen mit größeren Lungenvolumina und einer besseren Funktion in Sportarten wie zum Beispiel schwimmen handelt, in denen sich diese positiv auf die Leistungsfähigkeit auswirken (Bovard et al. 2018).

#### ■ Psyche und mentale Gesundheit

**Selbstvertrauen** reflektiert das Maß, wie stark sich ein Kind wertschätzt, und gilt als ein wichtiger Indikator von psychischer Gesundheit und Wohlbefühl. Körperliche Aktivität kann zu einem verbesserten Selbstvertrauen führen, vor allem in der Adoleszenz (Ekeland et al. 2005). Da das globale Selbstvertrauen neben der körperlichen Aktivität durch enorm viele Faktoren des täglichen Lebens beeinflusst werden kann, sind Effekte durch Bewegung und Sport schwierig zu messen. Beobachtungsstudien zeigen, dass eine Erhöhung der körperlichen Aktivität und eine Reduktion von Inaktivität die mentale Gesundheit von Kindern und Adoleszenten verbessern können (Rodriguez-Ayllon et al. 2019).

**Stimmung** Interventionsstudien zeigen einen Benefit von körperlicher Aktivität auf die Stimmung bzw. Bekämpfung der Depression. Die Datenlage ist nicht sehr aussagekräftig und viele Aussagen beruhen auf Beobachtungsstudien (Biddle und Asare 2011; Rodriguez-Ayllon et al. 2019).

**Sozialverhalten** Sozial kompetente Kinder haben mehr Chancen im Leben, eine bessere Ausbildung oder einen besseren Job zu bekommen, sie sind mental gesünder und das Risiko für kriminelle Handlungen oder Drogenkonsum ist reduziert. Immer mehr Studien berichten, dass körperliche Aktivität ein wichtiger positiver, Inaktivität und insbesondere der Medienkonsum in früher Kindheit relevante negative Prädiktoren für eine gesunde Entwicklung und auch für die Sozialkompetenz sind (Carson et al. 2016; Hinkley et al. 2014; Poitras et al. 2016).

**Akademische (schulische) Leistung** Unter kontrollierten Laborbedingungen hat körperliche Aktivität einen positiven Einfluss auf kognitive Fähigkeiten (Hillman et al. 2011). Noch unklar bleibt der Transfer in die schulische Umgebung. Jedoch gilt: Mehr Bewegung und mehr Sportunterricht, auch wenn dieser durch eine Reduktion von akademischen Stunden kompensiert wird, wirken sich aber in keiner Weise negativ auf die akademischen Leistungen aus (Donnelly et al. 2016).

## 1.2 Potenziell negative Auswirkungen von Bewegung, Sport und Training auf Körperfunktionen

---

Während heutzutage die körperliche Inaktivität bei vielen Kindern und Jugendlichen mehr und mehr zunimmt, gibt es eine Gruppe von (Hoch-)Leistungssportlern, die den Gegenpol dazu bilden und immer früher und intensiver zu trainieren beginnt. Ein hohes Maß von insbesondere intensiver körperlicher Aktivität und Sport ist mit gesundheitlichen Risiken verknüpft und kann die Gesundheit auch langfristig negativ beeinflussen. Diese potenziell negativen Auswirkungen werden wie in weiteren Kapiteln beschrieben und diskutiert (s. Querverweise).

**Plötzlicher Herztod** Glücklicherweise ist die Inzidenz eines plötzlichen Herztods bei jugendlichen Athleten sehr gering und beläuft sich auf ca. 2–4/100.000 Personenjahre mit einer großen Dominanz des männlichen Geschlechts. Die Gründe variieren nach Region, sind aber am häufigsten eine linksventrikuläre hypertrophe Kardiomyopathie, ein arrhythmogener rechter Ventrikel, Rhythmusstörungen oder falsch mündende Koronararterien. Wenn auch das Gesche-

hen sehr selten ist und nicht alle dieser Pathologien im EKG sichtbar sind, wird neben einer kardialen Anamnese und einem klinischen Status auch ein 12-Kanal-EKG gefordert (Chandra et al. 2013; Corrado et al. 2005).

## Literatur

- Ackerman KE, Misra M (2011) Bone health and the female athlete triad in adolescent athletes. *Phys Sportsmed* 39:131–141
- Andersen LB, Riddoch C, Kriemler S, Hills A (2011) Physical activity and cardiovascular risk factors in children. *Br J Sports Med* 45:871–876
- Behm DG, Young JD, Whitten JHD, Reid JC, Quigley PJ, Low J et al (2017) Effectiveness of traditional strength vs. power training on muscle strength, power and speed with youth: a systematic review and meta-analysis. *Front Physiol* 8:423
- Biddle SJ, Asare M (2011) Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *Br J Sports Med* 45:886–895
- Bjerring AW, Landgraff HE, Leirstein S, Aaeng A, Ansari HZ, Saberniak J, et al (2018) Morphological changes and myocardial function assessed by traditional and novel echocardiographic methods in preadolescent athlete's heart. *Eur J Prev Cardiol* 25:1000–1007
- Bjerring AW, Landgraff HE, Stokke TM, Murbraech K, Leirstein S, Aaeng A, et al (2019) The developing athlete's heart: a cohort study in young athletes transitioning through adolescence. *Eur J Prev Cardiol* 26:2001–2008
- Bovard JM, Welch JF, Houghton KM, McKenzie DC, Potts JE, Sheel AW (2018) Does competitive swimming affect lung growth? *Physiol Rep* 6:e13816
- Carson V, Hunter S, Kuzik N, Gray CE, Poitras VJ, Chaput JP et al (2016) Systematic review of sedentary behaviour and health indicators in school-aged children and youth: an update. *Appl Physiol Nutr Metab* 41:S240–265
- Chandra N, Bastiaenen R, Papadakis M, Sharma S (2013) Sudden cardiac death in young athletes: practical challenges and diagnostic dilemmas. *J Am Coll Cardiol* 61:1027–1040
- Clenin G, Cordes M, Huber A, Schumacher YO, Noack P, Scales J, Kriemler S (2015) Iron deficiency in sports – definition, influence on performance and therapy. *Swiss Med Wkly* 145:w14196
- Corrado D, Pelliccia A, Bjornstad HH, Vanhees L, Biffi A, Borjesson M, et al (2005) Cardiovascular pre-participation screening of young competitive athletes for prevention of sudden death: proposal for a common European protocol. Consensus Statement of the Study group of sport cardiology of the working group of cardiac rehabilitation and exercise physiology and the working group of myocardial and pericardial diseases of the European society of cardiology. *Eur Heart J* 26:516–524
- Council on Sports Medicine and Fitness and Council on School Health, Bergeron MF, Devore C, Rice SG, American Academy of Pediatrics (2011) Policy statement – Climatic heat stress and exercising children and adolescents. *Pediatrics* 128:e741–747
- Coupe C, Kongsgaard M, Aagaard P, Hansen P, Bojsen-Moller J, Kjaer M, Magnusson SP (2008) Habitual loading results in tendon hypertrophy and increased stiffness of the human patellar tendon. *J Appl Physiol* 105:805–810
- Dandoy C, Gereige RS (2012) Performance-enhancing drugs. *Pediatr Rev* 33:265–271; quiz 271–262
- DiFiori JP, Benjamin HJ, Brenner J, Gregory A, Jayanthi N, Landry GL, Luke A (2014) Overuse injuries and burnout in youth sports: a position statement from the American Medical Society for Sports Medicine. *Clin J Sport Med* 24:3–20
- Donnelly JE, Hillman CH, Castelli D, Etnier JL, Lee S, Tomporowski P, et al (2016) Physical activity, fitness, cognitive function, and academic achievement in children: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc* 48:1197–1222
- Eckstein F, Hudelmaier M, Putz R (2006) The effects of exercise on human articular cartilage. *J Anat* 208:491–512
- Ekeland E, Heian F, Hagen KB (2005) Can exercise improve self esteem in children and young people? A systematic review of randomised controlled trials. *Br J Sports Med* 39:792–798; discussion 792–798
- Emery C, Tyreman H (2009) Sport participation, sport injury, risk factors and sport safety practices in Calgary and area junior high schools. *Paediatr Child Health* 14:439–444
- Emery CA (2003) Risk factors for injury in child and adolescent sport: a systematic review of the literature. *Clin J Sport Med* 13:256–268
- Granacher U, Goesele A, Roggo K, Wischer T, Fischer S, Zuerny C et al (2011) Effects and mechanisms of strength training in children. *Int J Sports Med* 32:357–364
- Hammami R, Chaouachi A, Makhlof I, Granacher U, Behm DG (2016) Associations between balance and muscle strength, power performance in male youth athletes of different maturity status. *Pediatr Exerc Sci* 28:521–534
- Hart NH, Nimphius S, Rantalainen T, Ireland A, Sifarakas A, Newton RU (2017) Mechanical basis of bone strength: influence of bone material, bone

- structure and muscle action. *J Musculoskelet Neuronal Interact* 17:114–139
- Hillman CH, Kamijo K, Scudder M (2011) A review of chronic and acute physical activity participation on neuroelectric measures of brain health and cognition during childhood. *Prev Med* 52(Suppl 1):S21–28
- Hills AP, Andersen LB, Byrne NM (2011) Physical activity and obesity in children. *Br J Sports Med* 45:866–870
- Hinkley T, Teychenne M, Downing KL, Ball K, Salmon J, Hesketh KD (2014) Early childhood physical activity, sedentary behaviors and psychosocial well-being: a systematic review. *Prev Med* 62:182–192
- Joy E, Kussman A, Nattiv A (2016) 2016 update on eating disorders in athletes: a comprehensive narrative review with a focus on clinical assessment and management. *Br J Sports Med* 50:154–162
- Kjaer M, Langberg H, Heinemeier K, Bayer ML, Hansen M, Holm L et al (2009) From mechanical loading to collagen synthesis, structural changes and function in human tendon. *Scand J Med Sci Sports* 19:500–510
- Malina RM, Baxter-Jones AD, Armstrong N, Beunen GP, Caine D, Daly RM et al (2013) Role of intensive training in the growth and maturation of artistic gymnasts. *Sports Med* 43:783–802
- Mersmann F, Bohm S, Schroll A, Boeth H, Duda GN, Arampatzis A (2017) Muscle and tendon adaptation in adolescent athletes: a longitudinal study. *Scand J Med Sci Sports* 27:75–82
- Mountjoy M, Rhind DJ, Tiivas A, Leglise M (2015) Safeguarding the child athlete in sport: a review, a framework and recommendations for the IOC youth athlete development model. *Br J Sports Med* 49:883–886
- Nourry C, Deruelle F, Guinhouya C, Baquet G, Fabre C, Bart F et al (2005) High-intensity intermittent running training improves pulmonary function and alters exercise breathing pattern in children. *Eur J Appl Physiol* 94:415–423
- Poitras VJ, Gray CE, Borghese MM, Carson V, Chaput JP, Janssen I et al (2016) Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Appl Physiol Nutr Metab* 41:S197–239
- Rauner A, Jekauc D, Mess F, Schmidt S, Woll A (2015) Tracking physical activity in different settings from late childhood to early adulthood in Germany: the MoMo longitudinal study. *BMC Public Health* 15:391
- Rodriguez-Ayllon M, Cadenas-Sanchez C, Estevez-Lopez F, Munoz NE, Mora-Gonzalez J, Miguelles J H et al (2019) Role of physical activity and sedentary behavior in the mental health of preschoolers, children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 49:1383–1410
- Rowland TW (2008) *Cardiorespiratory responses during endurance exercise: maturation and growth. The young athlete.* Blackwell, Oxford, UK, S 39–49
- Sabato TM, Walch TJ, Caine DJ (2016) The elite young athlete: strategies to ensure physical and emotional health. *Open Access J Sports Med* 7:99–113
- Telama R (2009) Tracking of physical activity from childhood to adulthood: a review. *Obes Facts* 2:187–195
- Telama R, Yang X, Leskinen E, Kankaanpaa A, Hirvensalo M, Tammelin T et al (2014) Tracking of physical activity from early childhood through youth into adulthood. *Med Sci Sports Exerc* 46:955–962
- Walsh NP (2018) Recommendations to maintain immune health in athletes. *Eur J Sport Sci* 18:820–831
- Warden SJ, Mantila Roosa SM, Kersh ME, Hurd AL, Fleisig GS, Pandy MG, Fuchs RK (2014) Physical activity when young provides lifelong benefits to cortical bone size and strength in men. *Proc Natl Acad Sci U S A* 111:5337–5342
- Winsley R, Matos N (2011) Overtraining and elite young athletes. *Med Sport Sci* 56:97–105



# Sportphysiologische Grundlagen im Kindesalter

## Inhaltsverzeichnis

- Kapitel 2** Entwicklung von Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination – 13  
*Claudia Niessner, Urs Granacher und Alexander Woll*
- Kapitel 3** Körperliche Leistungsfähigkeit im Kontext von Wachstum und Reifung – 23  
*Thea Fühner, Susi Kriemler, Alexander Woll und Urs Granacher*
- Kapitel 4** Einfluss von Bewegung und Sport auf die Gesundheit und Entwicklung – 35  
*Susi Kriemler, Helge Hebestreit und Thomas Radtke*



# Entwicklung von Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination

*Claudia Niessner, Urs Granacher und Alexander Woll*

## Inhaltsverzeichnis

- 2.1 Einführung in die Thematik – 14**
- 2.2 Begriffsbestimmung und theoretische Grundlagen – 14**
- 2.3 Entwicklungskurven der motorischen Leistungsfähigkeit – 15**
  - 2.3.1 Entwicklung der Kraft – 16
  - 2.3.2 Entwicklung der Schnelligkeit – 18
  - 2.3.3 Entwicklung der Ausdauer – 18
  - 2.3.4 Entwicklung der Koordination – 18
  - 2.3.5 Entwicklung der Beweglichkeit – 20
- 2.4 Relevanz der Bewertung von motorischen Entwicklungsverläufen in der Kinderarztpraxis – 20**
- Literatur – 20**

## 2.1 Einführung in die Thematik

Die Betrachtung von Bewegungsverhalten und motorischer Leistungsfähigkeit in Verbindung mit Entwicklungs- und Gesundheitsfragen im Kindes- und Jugendalter ist unverzichtbar und spielt vor allem in der Gesundheitsförderung eine bedeutende Rolle (Smith et al. 2014). Studien belegen z. B., dass die motorische Leistungsfähigkeit bereits in jungen Jahren unabhängig von Übergewicht und körperlich-sportlicher Aktivität stark mit der späteren Mortalität zusammenhängt (Högström et al. 2015). Daher ist die Diagnose der motorischen Leistungsfähigkeit eine unverzichtbare Voraussetzung, um den Leistungs- und Entwicklungsstand von Kindern und Jugendlichen zu beobachten. Bestandteil der regelmäßigen Vorsorgeuntersuchungen in der Kinderarztpraxis sollte die regelmäßige Analyse des motorischen Leistungsstands zur Abschätzung der motorischen Entwicklung sein (Oberger et al. 2014).

Im Folgenden wird zunächst der Begriff „motorische Leistungsfähigkeit“ definiert, dann werden alters- und geschlechtsabhängige Entwicklungskurven für die unterschiedlichen motorischen Dimensionen dargestellt.

## 2.2 Begriffsbestimmung und theoretische Grundlagen

### Definition

Motorik wird als die Gesamtheit aller Steuerungs- und Funktionsprozesse verstanden, die der Haltung und Bewegung zugrunde liegen (Bös und Mechling 1983).

Im fähigkeitsorientierten Ansatz der Bewegungswissenschaft wird der Ausprägungsgrad der motorischen Fähigkeiten über die

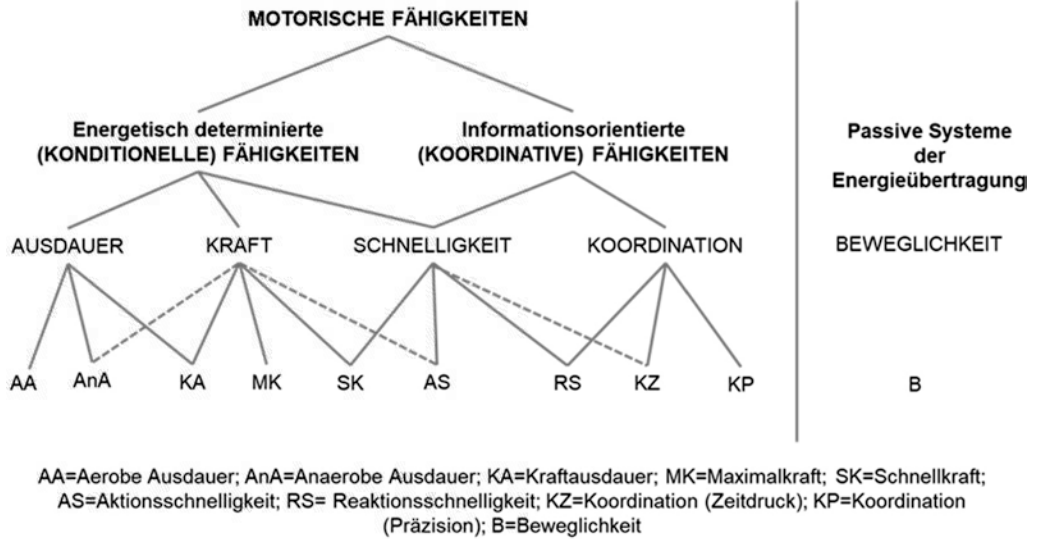
Qualität der beobachtbaren Bewegungshandlungen in Entwicklungs-, Lern- und Leistungsprozessen bestimmt (Bös 2001). Für das Niveau und die Ausführungsqualität von sportlichen und/oder alltagsmotorischen Fertigkeiten sind die motorischen Fähigkeiten Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit, Koordination und Beweglichkeit verantwortlich. Fähigkeiten sind dabei latente Konstrukte auf Prozessebene, die nicht direkt beobachtbar sind. So kann man z. B. die Ausdauerleistungsfähigkeit nicht direkt beobachten, jedoch über die geleistete Wattzahl beim Fahrradergometer-Test oder die gelaufenen Runden bei einem Lauftest indirekt messbar machen. Mit anderen Worten, diese Testindikatoren beschreiben die latente Fähigkeit „Ausdauer“. Messungen erfolgen demnach auf der Handlungsebene, von Interesse sind jedoch die sich dahinter verbergenden latenten motorischen Fähigkeiten und deren Entwicklung.

Zur Differenzierung der motorischen Leistungsfähigkeit gibt es in der Sportwissenschaft sowohl national als auch international verschiedene Ansätze (vgl. zusammenfassend Bös und Mechling 1983; Roth und Willimczik 1999). Als ein möglicher Zugang zur dimensionsanalytischen Betrachtung hat in der Sportwissenschaft der fähigkeitsorientierte Ansatz eine lange Tradition.

Im Folgenden wird der fähigkeitsorientierte Ansatz nach Bös (1987) beschrieben (■ Abb. 2.1).

Auf einer ersten Ebene werden die motorischen Fähigkeiten in energetisch determinierte konditionelle Fähigkeiten oder informationsorientierte koordinative Fähigkeiten differenziert. Innerhalb eines Bewegungsvollzugs stehen die koordinativen Fähigkeiten grundsätzlich in Interaktion mit den konditionellen Fähigkeiten (Golle et al. 2019).

Auf einer zweiten Ebene werden die zentralen Fähigkeitskategorien (motorische Grundeigenschaften, motorische Hauptbeanspruchungsformen) Ausdauer, Kraft,



■ **Abb. 2.1** Differenzierung motorischer Fähigkeiten. (Nach Bös 1987, S. 94)

Koordination, Schnelligkeit und Beweglichkeit unterschieden. Hierbei nehmen die Schnelligkeit und die Beweglichkeit Sonderpositionen ein, da sie weder dem konditionellen noch dem koordinativen Bereich eindeutig zugeordnet werden können.

Auf einer detaillierten dritten Ebene lassen sich auf der Basis von Belastungsnormativen (z. B. Dauer, Umfang, Intensität) zehn Fähigkeitskomponenten unterscheiden.

Die beschriebene Differenzierung liegt im Folgenden der Beschreibung der Entwicklungsverläufe der motorischen Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter zugrunde.

### 2.3 Entwicklungskurven der motorischen Leistungsfähigkeit

In der Bewegungsforschung finden sich zahlreiche Publikationen, in denen die Ausprägungen der motorischen Fähigkeiten und ihre Entwicklung analysiert wurden. Meist werden dem quantitativ-deskriptiven Ansatz folgend die motorischen

Entwicklungsdaten grafisch dargestellt, indem auf der X-Achse die Zeit (das Alter) und auf der Y-Achse die Merkmalsausprägung, z. B. Kraft, aufgetragen werden.

Altersbedingte, populations- und zeitabhängige Entwicklungskurven stellen lediglich einen groben Richtwert dar, individuelle Verlaufskurven können davon abweichen (vgl. Wollny 2007 und siehe detailliert ▶ Kap. 3 Fühner et al.).

Zusammenfassend findet man für den stark idealisierten und durchschnittlichen Verlauf der Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit (alle Dimensionen) über die Lebensspanne folgende Beschreibung:

Für die Ausprägung der motorischen Leistungsfähigkeit zeigt sich nach Bös (1994) prinzipiell ein Anstieg in der Altersspanne vom 5. bis ca. 17. Lebensjahr. Im späteren Jugend- oder frühen Erwachsenenalter erreicht die motorische Leistungsfähigkeit ihren Höhepunkt, dieser ist um das 18. Lebensjahr zu erwarten. Eine Vielzahl an Studien dokumentiert für den Altersbereich von 11–18 Jahren eine beschleunigte Entwicklung. Diese wird von unterschiedlichen Autoren vor allem auf die in diesem Zeitraum

auf tretenden gravierenden biologischen Wachstums- und Reifungsprozesse (z. B. Körperhöhe, -masse, Muskelmasse) und auf verstärkte Sozialisationsmechanismen (z. B. Mitgliedschaft in Vereinen u. a.) zurückgeführt (vgl. Baquet et al. 2006; Bös 1994).

In den folgenden ► Abschn. 2.3.1 bis 2.3.5 werden typische Entwicklungsverläufe der einzelnen Dimensionen der motorischen Leistungsfähigkeit geschlechts- und altersspezifisch beschrieben.

### ► Exkurs: Perzentilkurven zur Bewertung der Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen

Die absoluten Messwerte der motorischen Leistungsfähigkeit und deren Entwicklung werden bei Kindern und Jugendlichen anders als bei Erwachsenen im Kontext von Alter und Geschlecht bewertet. Die aus den Vorsorgeheften bekannten Diagramme der Perzentilkurven für Körperhöhe, Body-Mass-Index und Kopfumfang können durch Normdiagramme zur motorischen Leistungsfähigkeit ergänzt werden. Die Perzentilkurven zeigen die Verteilung der motorischen Leistungen relativ zu einer Referenzpopulation und ermöglichen eine Einordnung individueller Werte. Diese normativen Daten erleichtern somit die Bewertung des motorischen Entwicklungsstandes. Ein in den Entwicklungskurven abgelesenes Perzentil gibt an, wie viel Prozent der Kinder gleichen Alters und Geschlechts unter- oder oberhalb dieses Wertes liegen, und ermöglicht somit eine Einordnung im Vergleich zur Referenzpopulation.

Als Grenzwerte für pathologische Ausprägungen, z. B. für motorische Auffälligkeiten, werden bestimmte Perzentile einer Referenzpopulation festgelegt. Mehrheitlich wird die 15. Perzentile als Grenzwert (Cutoff) für eine motorische Auffälligkeit definiert (Henderson und Sugden 1992).

## 2.3.1 Entwicklung der Kraft

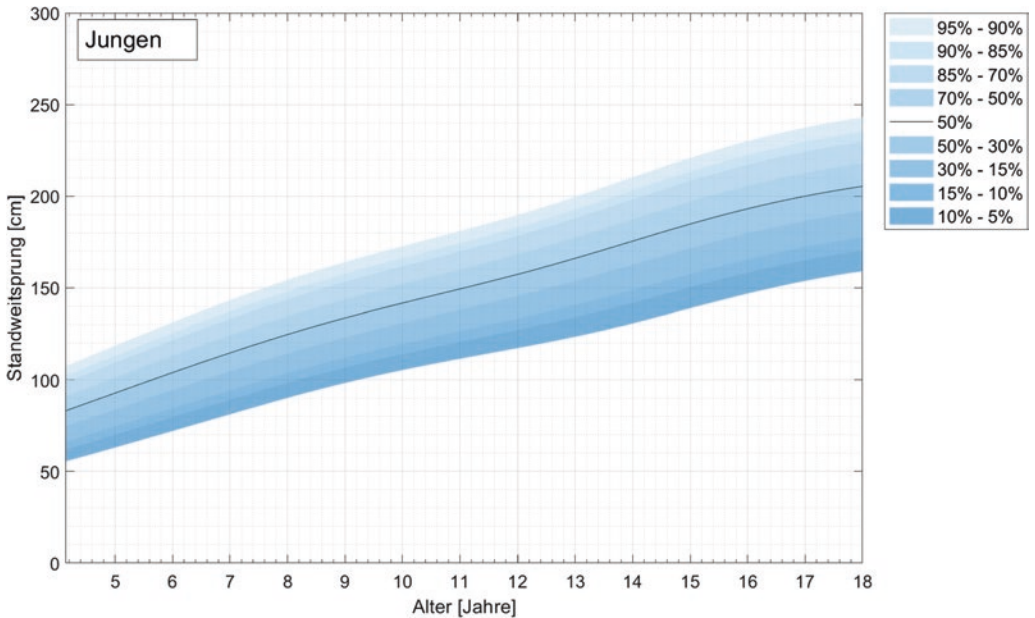
Die Überprüfung der Kraftfähigkeit im Kindes- und Jugendalter kann mittels sportmotorischer Tests wie z. B. dem Standweitsprung, den Sit-ups und Liegestützen erfolgen oder anhand biomechanisch-apparativer Verfahren wie z. B. mit dem Handdynamometer oder mithilfe einer Kraftmessplatte.

Die Entwicklung der Kraftfähigkeit vom Kindes- bis ins Jugendalter verläuft sowohl bei Mädchen als auch bei Jungen ähnlich. Bis zur Pubertät kommt es zu einem gleichmäßigen, relativ langsamen Anstieg mit stetigen Zuwachsraten in der Schnellkraft, Maximalkraft und der Kraftausdauer (► Abb. 2.2 und 2.3).

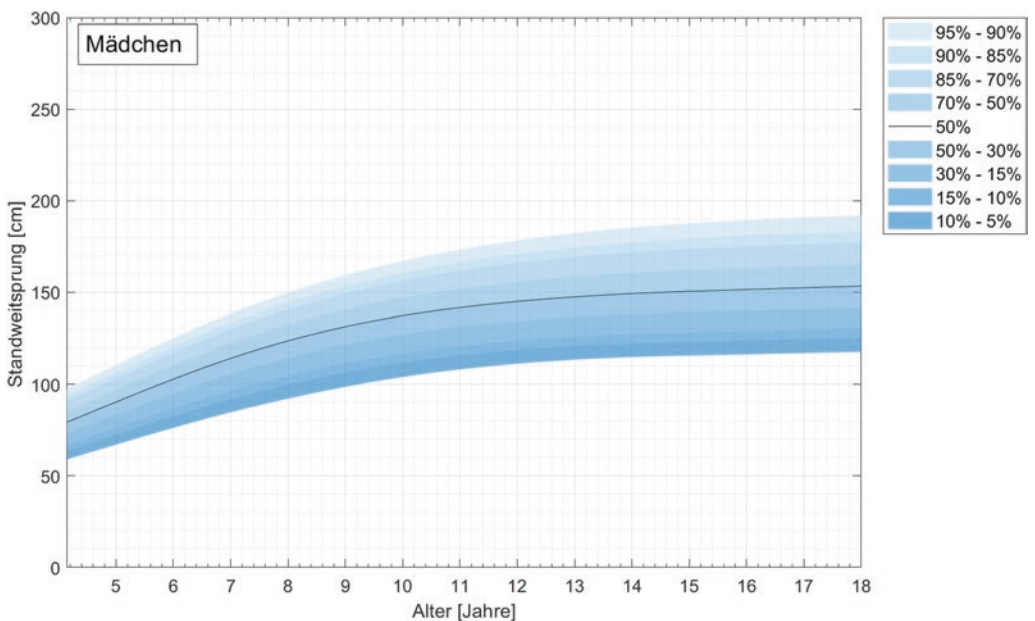
Die Steigerung der Kraftfähigkeit während der Entwicklung im Kindes- und Jugendalter hängt physiologisch gesehen von der Muskelfaserzusammensetzung, vom physiologischen Muskelquerschnitt, der Länge der Muskeln und von der inter- und intramuskulären Koordination ab (Menzi et al. 2007).

In der präpubertären Phase unterscheiden sich die Kraftzuwachsraten zwischen Mädchen und Jungen nicht oder nur geringfügig (Granacher et al. 2009). Bei den Jungen kommt es dann jedoch ab der Pubertät zu einem verstärkten Zuwachs vor allem in der Maximal- und Schnellkraft. Bei den Mädchen hingegen verbessern sich ab der Pubertät die Schnellkraft, Maximalkraft und die Kraftausdauer nur noch geringfügig. Bei untrainierten weiblichen Jugendlichen zeigt sich sogar eine Stagnation der Kraftfähigkeiten (Winter und Hartmann 2007).

Die hormonellen Veränderungen vor allem in der Pubertät (Ausschüttung von Testosteron) und intensive Wachstumsprozesse (einschließlich der Organe und Organsysteme) begünstigen im Bereich der konditionellen Fähigkeiten die Entwicklung von Kraftfähigkeiten (Meinel und Schnabel 2007).



■ **Abb. 2.2** Entwicklung der Kraftfähigkeit der Jungen am Beispiel des Standweitsprungs (Niessner et al. 2020). (Den dargestellten Perzentilkurven liegen standardisiert gemessene Werte von Kindern und Jugendlichen im Alter von 4–17 Jahren zugrunde, die im Rahmen der bundesweit repräsentativen Motorik-Modulstudie 2009–2012 erhoben wurden)



■ **Abb. 2.3** Entwicklung der Kraftfähigkeit der Mädchen am Beispiel des Standweitsprungs (Niessner et al. 2020)