

1 Wachstum und Entwicklung

Klinische Bedeutung

Das Kind und dessen gesundheitliche Probleme unterscheiden sich vom Erwachsenen durch Wechselwirkungen mit Wachstum und Entwicklung. Die Erfassung und Dokumentation erlaubt einerseits die Erfassung primärer Störungen von Wachstum und Entwicklung (z. B. Skelettdysplasien) und andererseits sekundärer Einflüsse von Erkrankungen auf die Entwicklung (z. B. Rachitis, Wachstumshormonmangel).

Mit dem Begriff „Entwicklung“ werden Prozesse der Differenzierung und Spezifizierung der Organe bzw. Organfunktionen umfasst. Die abschließende Differenzierung der Gonadenentwicklung und der sekundären Geschlechtsmerkmale findet während der Pubertät statt, spezifische intellektuelle und soziale Fähigkeiten entwickeln sich in verschiedenen Phasen von Kindheit und Adoleszenz.

Normales Wachstum und normale Entwicklung sind zusammen die wichtigsten Parameter für den Gesundheitszustand des sich entwickelnden Kindes.

Daten von Wachstum und Entwicklung sind die Basis für prognostische Kalkulationen (z. B. Erwachsenengröße, Beurteilung von Längendifferenzen und Achsenentwicklungsstörungen) und gegebenenfalls deren Manipulation (z. B. hormonelle Beeinflussung bei Minderwuchs oder Großwuchs, Epiphysiodesen).

Einleitung

Wachstum ist das Resultat einer Reihe biologischer Vorgänge (Zellvermehrung, Entwicklung knorpeliger und knöcherner Strukturen), die bei der Konzeption beginnen und mit Erreichen der Erwachsenengröße enden. Neben dem reinen Wachstum finden körperliche (z. B. Gonadenreifung in der Pubertät) und funktionelle (z. B. Psyche, Intelligenz) Entwicklungs- und Reifungsvorgänge statt, die hier kurz als „Entwicklung“ bezeichnet werden. Auf die pränatalen Vorgänge soll hier nicht eingegangen werden, da diese für die Belange der Kinderorthopädie weniger große praktische Bedeutung haben; für besondere Fragen diesbezüglich wird auf das Handbuch von Falkner u. Tanner (1978) verwiesen. Grundsätzliche Fragen des Wachstums und dessen Analyse stehen ferner in engster Beziehung mit dessen Regulationen - wie genetischen Faktoren, hormonellen Regulationsvorgängen, Ernährung, sozioökonomischen Bedingungen usw. -, ohne deren Kenntnis und Berücksichtigung eine sorgfältige Wachstumsanalyse nicht möglich ist. Für Übersichten zur Problematik siehe Prader (1986) und Ranke (1986), für die grundlegende Behandlung der Themen die entsprechenden Kapitel bei Falkner u. Tanner (1978).

Bei der Beurteilung von Wachstumsdaten eines Individuums und dem Vergleich mit einem aus einer Population abgeleiteten „Standard“ muss berücksichtigt werden, dass Wachstum und Entwicklung kontinuierliche Prozesse sind, Beobachtungen je-

doch nur in gewissen Intervallen gemacht werden können oder gegebenenfalls auch nur in einer einmaligen Messung bestehen. Die Einzelbeobachtung erlaubt deshalb keine Aussage über das aktuelle Wachstums- oder Entwicklungsgeschehen, sondern nur Rückschlüsse auf das Wachstum oder die Entwicklung, die zu einem früheren Zeitpunkt erreicht wurden. Es ist deshalb außerordentlich wichtig, durch wiederholte Messungen bzw. Beobachtungen die Dynamik auch der aktuellen Entwicklung zu erfassen.

Für die Erstellung von Normalwerten und deren Gebrauch ist von grundlegender Bedeutung, wie diese gewonnen wurden (handelt es sich um Querschnittanalysen, longitudinale Beobachtungen oder gemischte Daten?). Dies ist von Wichtigkeit für den Vergleich von Daten eines Individuums mit den Normalwerten. In der Orthopädie beschränkt sich diese Problematik weitgehend auf Analysen der Wachstumsgeschwindigkeit während des Pubertätswachstumsschubs. Auf dieses Problem wird im Abschnitt „Geschwindigkeit der Körperhöhenzunahme“ eingegangen.

Mittlerweile liegen für die wichtigsten Normalwerte der postnatalen körperlichen Entwicklung Daten verschiedener europäischer longitudinaler Wachstumsstudien vor, unter anderem aus Schweden (Karlberg et al. 1976) und England (Tanner et al. 1966) sowie aus der Schweiz (Prader u. Budliger 1977, Prader et al. 1989).

Die nachfolgenden Daten stammen sämtlich aus der longitudinalen Wachstumsstudie Zürich. Soweit diese Ergebnisse nicht bereits publiziert waren (Prader u. Budliger 1977), sind mir die Rohdaten in großzügiger Weise von Herrn Prof. Dr. A. Prader überlassen worden. Später sind dann weitere Daten erschienen (Prader et al. 1989).

Körpermaße

Körperlänge/-höhe

Die Körperlänge ist nach anthropometrischer Konvention die im Liegen gemessene Gesamtlänge („liegende Länge“), die etwas größer ist als die im Stehen gemessene Höhe („Stehhöhe“, auch „Stehgröße“). Als alleiniger Index für das Wachstum ist die Körperlänge/-höhe wohl am besten geeignet, obwohl sie die Länge des Stammes und der Extremitäten vermischt; dennoch ist sie wenigstens ein Maß für praktisch nur ein einziges Gewebe, nämlich Knochen.

Die Wachstumskurven, welche die zurückgelegte Distanz darstellen, erlauben eine visuelle Beurteilung, wo ein Kind im Vergleich zur Normalpopulation steht. Im Regelfall liegt das Wachstum eines gesunden Kindes bis zur Pubertät im Allgemeinen in der Größenordnung einer Perzentilenkurve der Normalpopulation. Für wissenschaftliche Fragestellungen - oder auch Langzeitanalysen von Proportionen usw. - ist es sinnvoll, die Abweichungen vom Mittelwert in Standardabweichungen (englisch: „standard deviation scores“) und nicht in Messgrößen (cm, kg oder Ähnliches) auszu-drücken (Kap. 18); deshalb werden neben den Wachstumskurven auch die Zahlendaten von Mittelwerten und Standardabweichungen (sofern solche verfügbar sind) wiedergegeben. Die Messungen müssen sehr exakt vorgenommen werden. Der bei bester Technik ohnehin schon beachtliche Fehler wird sonst derart vergrößert, dass Wachstumsgeschwindigkeiten nicht mehr sinnvoll berechnet werden können. Hinzu kommen tageszeitabhängige Variationen mit Abnahmen der Körperhöhe um bis zu 2,5 cm (im Mittel > 1 cm) im Tagesverlauf (Strickland 1972).



Abb. 1.1 Messtechnik für die Stehhöhe. Die Messung erfolgt hier mit dem Harpenden-Stadiometer, dessen Kopfbrett balanciert aufgehängt ist. Fersen, Gesäß und Schulter des Probanden berühren die Wand. Das Kopfbrett wird auf den Kopf des Probanden geführt und der Kopf sodann vom Untersucher mit beiden Händen gefasst und gleichmäßig nach oben gezogen. Die maximale Höhe ohne Abheben der Fußsohlen vom Boden wird abgelesen. Für die liegende Länge wird die maximale Distanz zwischen Scheitel und Fersen des von 2 Untersuchern gehaltenen Kindes erfasst, entweder durch eine Messlatte oder ein ähnliches, horizontal montiertes Gerät, wie oben gezeigt.



Abb. 1.2 Messmethodik zur Bestimmung der Sitzhöhe und der Beinhöhe. Gemessen wird am gleichen Gerät wie zur Bestimmung der Stehhöhe. Der Proband wird auf einen Schemel bekannter Höhe gesetzt. Kreuzbein und Schultergürtel berühren die Wand. Das Messbrett wird auf den Kopf aufgelegt und der Kopf vom Untersucher mit beiden Händen nach oben gezogen, ohne dass das Gesäß vom Schemel gehoben wird. Von der abgelesenen Höhe wird die Schemelhöhe abgezogen. Die subischiale Beinhöhe(/-länge) ist die Differenz zwischen Stehhöhe(/-länge) und Sitzhöhe(/-länge).

Die Messtechnik für die Stehhöhe ist in Abb. 1.1 illustriert. Die Resultate der Zürcher longitudinalen Wachstumsstudie sind in den Perzentilenkurven (Abb. 1.3-1.6) und in Tab. 1.1 wiedergegeben. Die Anzahl der Messwerte betrug für jedes Alter und jedes Geschlecht mindestens 100 (bei insgesamt mehr als je 200 untersuchten Mädchen und Knaben).

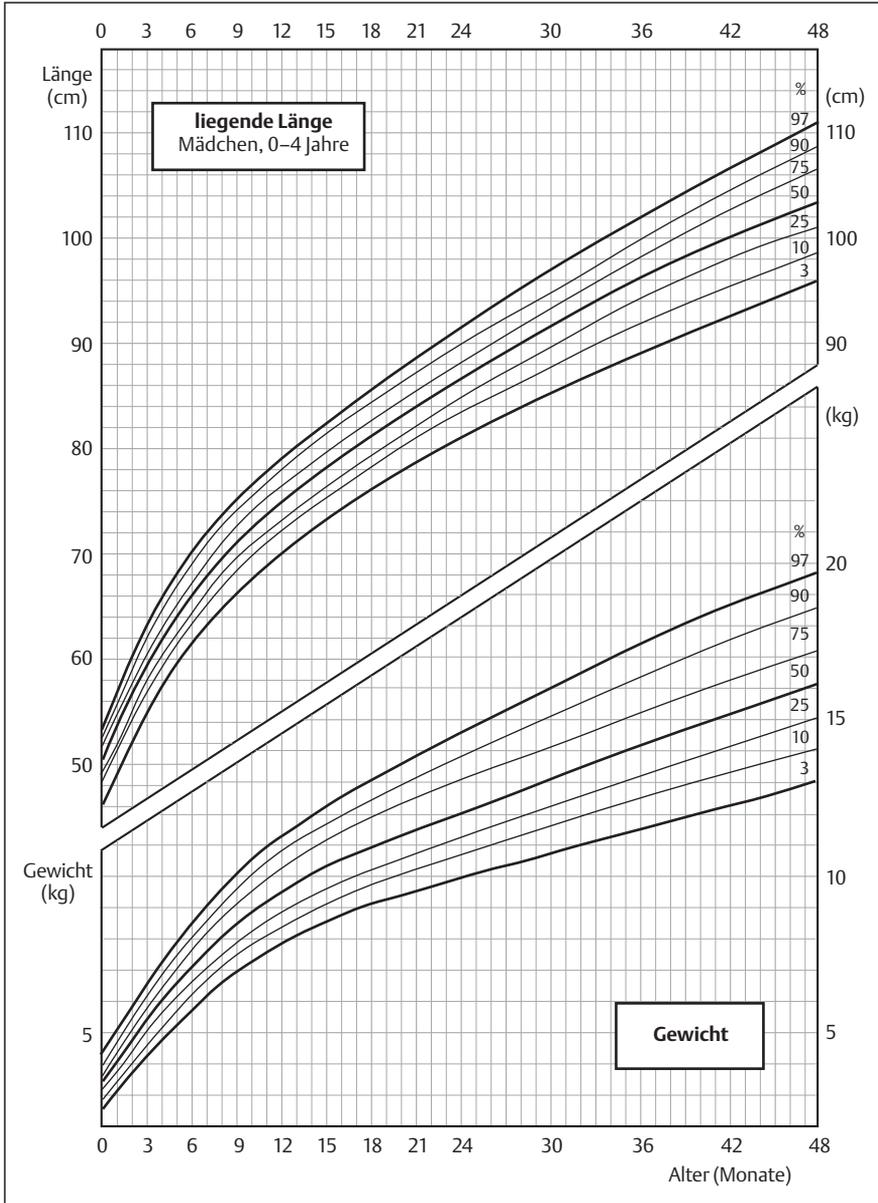


Abb. 1.3 Perzentilenkurven für liegende Länge und Gewicht, Mädchen, 0-4 Jahre (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie; Abb. 1.3-1.6 sowie Abb. 1.7, 1.8 und 1.10-1.13 sind mit freundlicher Genehmigung der Nestlé Produkte AG, CH-1800 Vevey, reproduziert).

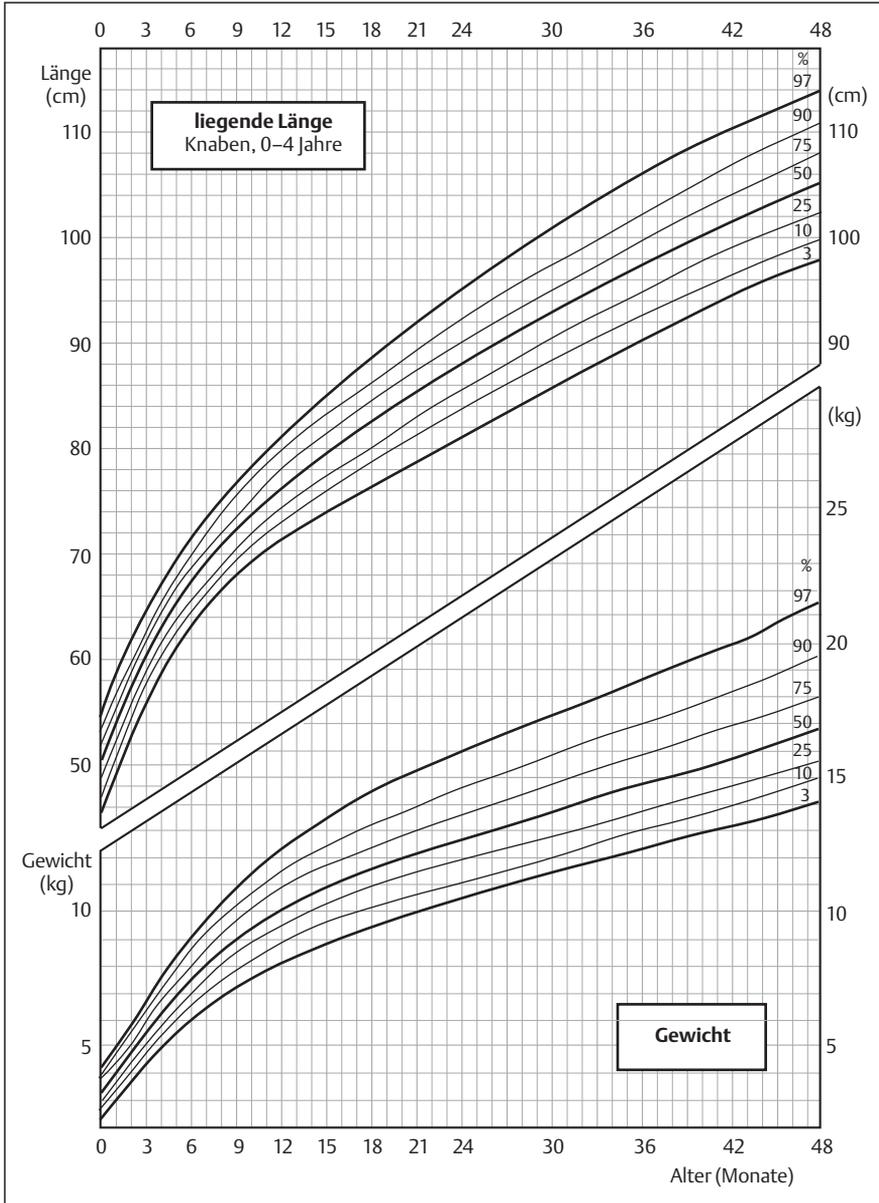


Abb. 1.4 Perzentilenkurven für liegende Länge und Gewicht, Knaben, 0-4 Jahre (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie).

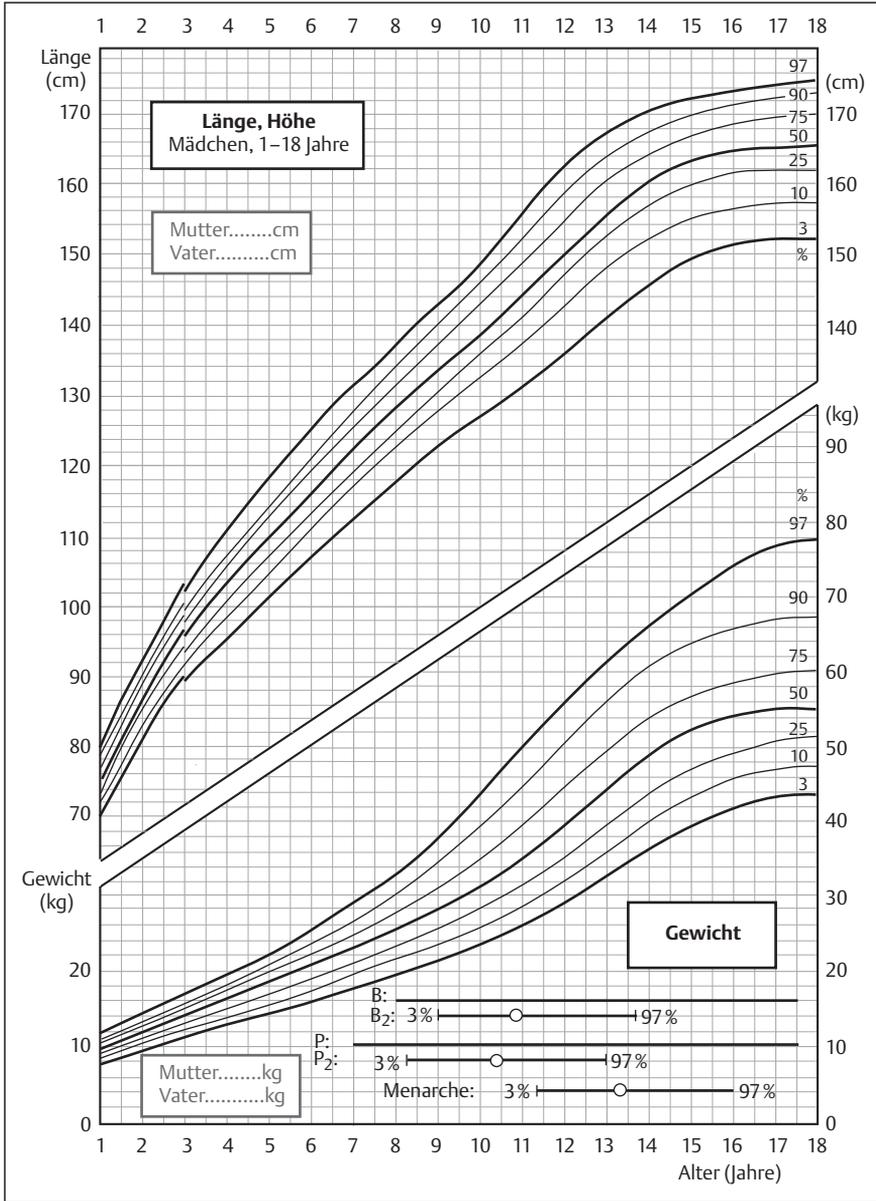


Abb. 1.5 Perzentilenkurven für liegende Länge 1–3 Jahre, Stehhöhen 3–18 Jahre und Gewicht, Mädchen (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie).

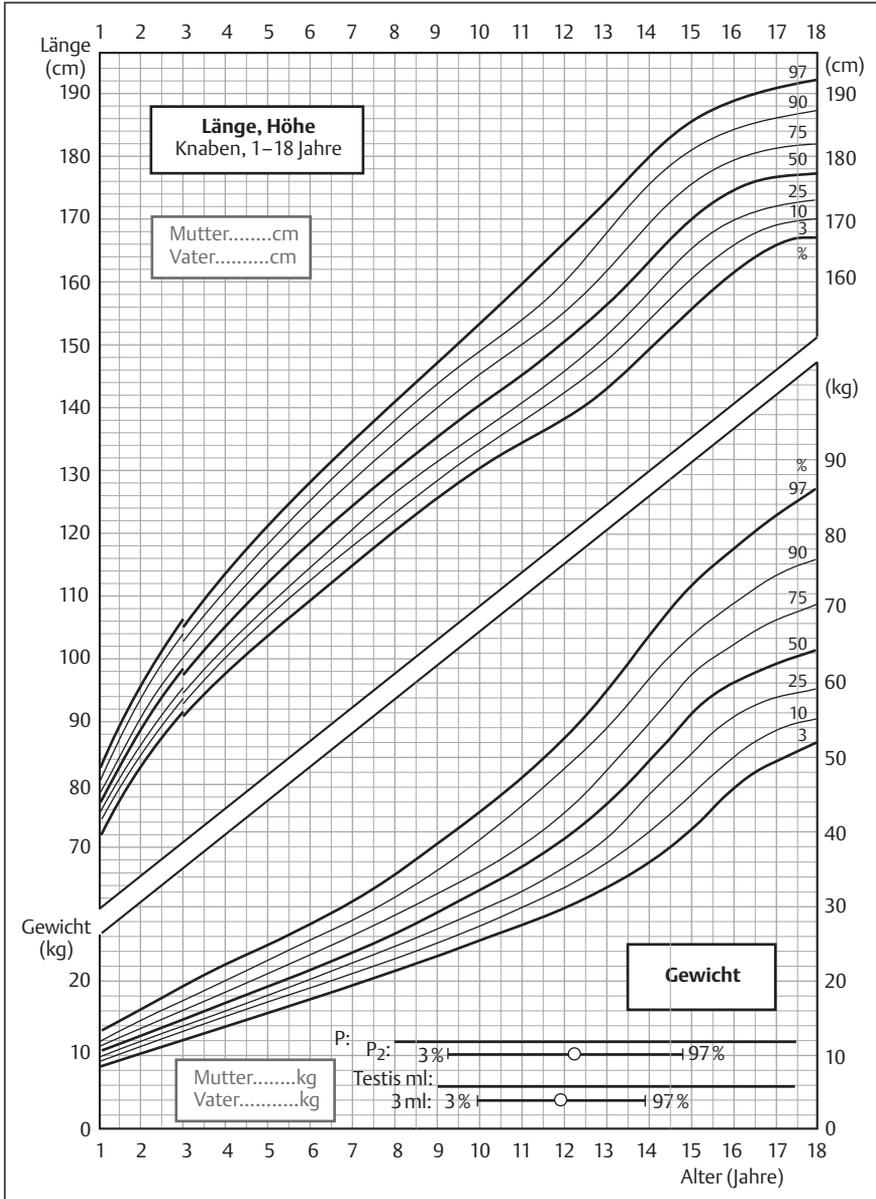


Abb. 1.6 Perzentilenkurven für liegende Länge 1-3 Jahre, Stehhöhe 3-18 Jahre und Gewicht, Knaben (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie).

Tab. 1.1 **Liegende Längen und Stehhöhen** von Knaben und Mädchen. Mittelwerte \pm Standardabweichungen (SD), n > 125 pro Alter (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie)

Alter (Jahre)	Mädchen Mittelwert (cm)	SD	Knaben Mittelwert (cm)	SD
Liegende Länge				
0,0	49,9	1,9	50,7	2,3
0,5	66,1	2,0	67,8	2,2
1,0	74,5	2,5	76,2	2,4
2,0	86,6	2,5	88,0	3,7
3,0	96,3	3,3	97,7	3,8
Stehhöhe				
3,0	95,6	3,2	97,1	3,8
4,0	103,0	3,7	104,7	4,1
5,0	109,6	4,0	111,3	4,6
6,0	115,9	4,3	117,3	4,8
7,0	122,0	4,6	123,6	5,2
8,0	127,8	4,7	129,7	5,7
9,0	133,6	5,0	135,2	6,0
10,0	138,4	5,6	140,2	6,2
10,5	141,1	6,0	142,5	6,3
11,0	144,3	6,0	145,0	6,6
11,5	146,9	6,6	147,3	6,7
12,0	150,1	6,8	149,9	7,1
12,5	153,2	6,7	152,6	7,4
13,0	155,7	6,6	155,9	8,0
13,5	158,2	6,3	159,2	8,6
14,0	160,1	5,8	162,9	8,3
14,5	161,9	5,8	166,2	8,1
15,0	162,7	5,8	169,7	7,9
16,0	164,0	5,7	174,4	7,0
17,0	164,5	5,9	176,2	6,7
18,0	164,4	5,8	177,1	6,7
19,0	164,4	5,9	177,8	6,8
20,0	164,6	5,9	178,0	6,9

Rumpflänge (liegend) bzw. Sitzhöhe (sitzend) und subschiale Beinlänge (liegend) bzw. Beinhöhe (stehend)

Die getrennte Bestimmung der Rumpflänge (liegend gemessen als „Scheitel-Steiß-Länge“, sitzend als „Sitzhöhe“ bezeichnet) und der subschialen Beinlänge (liegend) bzw. -höhe (stehend) ermöglicht eine spezifischere Beurteilung einerseits des Wirbelsäulenwachstums (z. B. im Rahmen der Verlaufsbeurteilung von Fehlentwicklungen der Wirbelsäule), andererseits der Beinentwicklung (z. B. zur Frage, ob es sich bei Beinlängendifferenzen um Hyper- oder Hypotrophien handelt). Daraus können Abweichungen der Körperproportionen bestätigt und quantifiziert sowie Wachstumsprognosen oft präziser gestellt werden. Die Messmethode ist in Abb. 1.2 (S. 3) illustriert, die Resultate sind in Tab. 1.2 und Tab. 1.3 zu finden.

Tab. 1.2 **Scheitel-Steiß-Länge (liegend) bzw. Sitzhöhe** für Mädchen und Knaben. Mittelwerte \pm Standardabweichungen (SD), n >125 (Zürcher longitudinale Wachstumstudie)

Alter (Jahre)	Mädchen Mittelwert \pm SD (cm)	Knaben Mittelwert \pm SD (cm)
Scheitel-Steiß-Länge (liegend)		
0,1	34,7 \pm 2,1	34,8 \pm 1,7
0,5	42,2 \pm 1,7	43,3 \pm 1,6
1,0	46,5 \pm 1,6	47,5 \pm 1,7
2,0	52,2 \pm 1,6	52,9 \pm 2,1
3,0	56,5 \pm 2,0	57,2 \pm 2,4
Sitzhöhe (aufrecht)		
3,0	54,4 \pm 1,8	55,8 \pm 2,2
4,0	57,8 \pm 2,0	59,0 \pm 2,3
5,0	60,7 \pm 2,3	61,8 \pm 2,5
6,0	63,6 \pm 2,4	64,6 \pm 2,8
7,0	66,7 \pm 2,5	67,7 \pm 2,8
8,0	69,3 \pm 2,4	70,4 \pm 2,9
9,0	72,6 \pm 2,6	72,6 \pm 2,9
10,0	73,6 \pm 2,6	74,4 \pm 3,0
10,5	74,6 \pm 2,9	75,4 \pm 3,0
11,0	75,8 \pm 3,0	76,3 \pm 3,1
11,5	77,1 \pm 3,3	77,1 \pm 3,2
12,0	78,7 \pm 3,6	78,2 \pm 3,5
12,5	80,2 \pm 3,7	79,3 \pm 3,6
13,0	81,5 \pm 3,7	80,6 \pm 4,1
13,5	82,9 \pm 3,6	82,1 \pm 4,5
14,0	84,2 \pm 3,3	83,8 \pm 4,5
14,5	85,3 \pm 3,1	85,7 \pm 4,4
15,0	86,0 \pm 2,9	87,6 \pm 4,3
16,0	87,0 \pm 2,8	90,7 \pm 3,8
17,0	87,5 \pm 2,8	92,1 \pm 3,5
18,0	87,5 \pm 2,8	92,9 \pm 3,4
19,0	87,7 \pm 2,8	93,5 \pm 3,4
20,0	87,8 \pm 2,8	93,8 \pm 3,5

Tab. 1.3 **Subischiale Beinlänge (liegend) bzw. subischiale Beinhöhe (stehend)** für Mädchen und Knaben. Mittelwerte \pm Standardabweichungen (SD), $n > 125$ (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie)

Alter (Jahre)	Mädchen Mittelwert \pm SD (cm)	Knaben Mittelwert \pm SD (cm)
Subischiale Beinlänge		
0,1	18,4 \pm 2,1	18,9 \pm 1,1
0,5	23,8 \pm 1,8	24,6 \pm 1,2
1,0	28,0 \pm 1,6	28,7 \pm 1,6
2,0	34,8 \pm 1,6	35,1 \pm 2,1
3,0	39,9 \pm 1,7	40,6 \pm 2,0
Subischiale Beinhöhe		
3,0	41,1 \pm 2,2	41,2 \pm 2,3
4,0	45,2 \pm 2,4	45,8 \pm 2,4
5,0	48,9 \pm 2,5	49,6 \pm 2,6
6,0	52,2 \pm 2,7	52,7 \pm 2,9
7,0	55,4 \pm 2,8	55,9 \pm 2,9
8,0	58,5 \pm 3,0	59,3 \pm 3,5
9,0	62,0 \pm 3,2	62,7 \pm 3,6
10,0	64,9 \pm 3,6	65,8 \pm 3,8
10,5	66,5 \pm 3,7	67,1 \pm 4,0
11,0	68,5 \pm 3,6	68,7 \pm 4,1
11,5	69,8 \pm 3,9	70,2 \pm 4,2
12,0	71,5 \pm 3,9	71,7 \pm 4,3
12,5	73,1 \pm 3,8	73,3 \pm 4,4
13,0	74,3 \pm 3,7	75,3 \pm 4,7
13,5	75,3 \pm 3,7	77,1 \pm 4,8
14,0	75,9 \pm 3,7	79,0 \pm 4,7
14,5	76,6 \pm 3,8	80,6 \pm 4,6
15,0	76,8 \pm 3,9	82,1 \pm 4,5
16,0	77,0 \pm 3,9	83,7 \pm 4,4
17,0	77,1 \pm 4,0	84,0 \pm 4,4
18,0	76,9 \pm 4,0	84,2 \pm 4,5
19,0	76,8 \pm 3,9	84,3 \pm 4,6
20,0	76,9 \pm 4,0	84,4 \pm 4,6

Quotienten Rumpfhöhe : Beinhöhe

Für die Erfassung von Körperproportionen können die Quotienten „Oberlänge : Unterlänge“ sinnvoll sein, die in Tab. 1.4 wiedergegeben sind.

Zu diesen Quotienten ist zu erwähnen, dass diese wahrscheinlich nicht für alle Körpergrößen gleichmäßig verteilt sind. Es gibt verschiedene Hinweise darauf, dass größere Individuen relativ längere Beine haben und die Quotienten dann entsprechend etwas kleiner sind.

Geschwindigkeitsstandards für die Entwicklung der Körperhöhe

In der Einleitung wurde darauf hingewiesen, dass die Körperhöhe davon abhängt, wie viel das Kind in allen vorausgegangenen Jahren gewachsen ist, und erst die Analyse der Wachstumsgeschwindigkeit eine Aussage über das Wachstumsgeschehen in einem bestimmten Intervall erlaubt. Bei der Betrachtung von Geschwindigkeiten ge-

Tab. 1.4 **Quotienten Scheitel-Steiß-Länge : Subischiale Beinlänge bzw. Sitzhöhe : subischiale Beinlänge** für Mädchen und Knaben. Mittelwerte \pm Standardabweichung (SD), $n > 125$ (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie)

Alter (Jahre)	Mädchen Quotienten Mittelwert \pm SD	Knaben Quotienten Mittelwert \pm SD
Scheitel-Steiß-Länge : subischiale Beinlänge		
0,5	1,79 \pm 0,24	1,76 \pm 0,10
1,0	1,66 \pm 0,10	1,66 \pm 0,11
2,0	1,50 \pm 0,08	1,51 \pm 0,07
3,0	1,42 \pm 0,06	1,41 \pm 0,07
Sitzhöhe : subischiale Beinlänge		
3,0	1,33 \pm 0,07	1,36 \pm 0,07
4,0	1,28 \pm 0,06	1,29 \pm 0,06
5,0	1,24 \pm 0,06	1,25 \pm 0,06
6,0	1,22 \pm 0,06	1,23 \pm 0,06
7,0	1,21 \pm 0,05	1,21 \pm 0,05
8,0	1,19 \pm 0,05	1,19 \pm 0,06
9,0	1,16 \pm 0,05	1,13 \pm 0,05
10,0	1,14 \pm 0,05	1,13 \pm 0,05
10,5	1,12 \pm 0,05	1,13 \pm 0,05
11,0	1,11 \pm 0,05	1,11 \pm 0,05
11,5	1,11 \pm 0,05	1,10 \pm 0,05
12,0	1,10 \pm 0,05	1,09 \pm 0,05
12,5	1,10 \pm 0,05	1,08 \pm 0,05
13,0	1,10 \pm 0,05	1,07 \pm 0,05
13,5	1,10 \pm 0,05	1,07 \pm 0,05
14,0	1,11 \pm 0,05	1,06 \pm 0,05
14,5	1,12 \pm 0,05	1,07 \pm 0,05
15,0	1,12 \pm 0,05	1,07 \pm 0,05
16,0	1,13 \pm 0,05	1,09 \pm 0,06
17,0	1,14 \pm 0,05	1,10 \pm 0,05
18,0	1,14 \pm 0,05	1,11 \pm 0,06
19,0	1,14 \pm 0,05	1,11 \pm 0,06
20,0	1,14 \pm 0,05	1,11 \pm 0,05

winnen longitudinale Daten eminente Bedeutung. Dies trifft ganz besonders für die Wachstumsgeschwindigkeit während des Pubertätswachstumsschubs zu, dessen zeitlicher Beginn und Ablauf von einem zum anderen Individuum sehr unterschiedlich sein können.

Vom Kleinkindesalter bis zur Pubertät unterscheiden sich Mädchen und Knaben in ihren Wachstumsgeschwindigkeiten nicht wesentlich. Im Pubertätswachstumsschub unterscheiden sich Knaben und Mädchen dann jedoch erheblich. Beim Mädchen setzt der Pubertätswachstumsschub früher ein und ist deutlich geringer ausgeprägt als derjenige des Knaben. Die Folge ist die wesentlich niedrigere Endgröße der Frau (Frauen sind im Durchschnitt 12 cm kleiner als Männer).

Die Geschwindigkeitskurven in Abb. 1.7 und Abb. 1.8 zeigen, dass die Wachstumsgeschwindigkeit von der Geburt an rasch abnimmt. Diese Abnahme wird durch den so genannten Pubertätswachstumsschub kurzfristig unterbrochen. Während der Pubertät wird nochmals eine Wachstumsgeschwindigkeit erreicht, wie sie zuletzt im 4. Lebensjahr zu finden war.

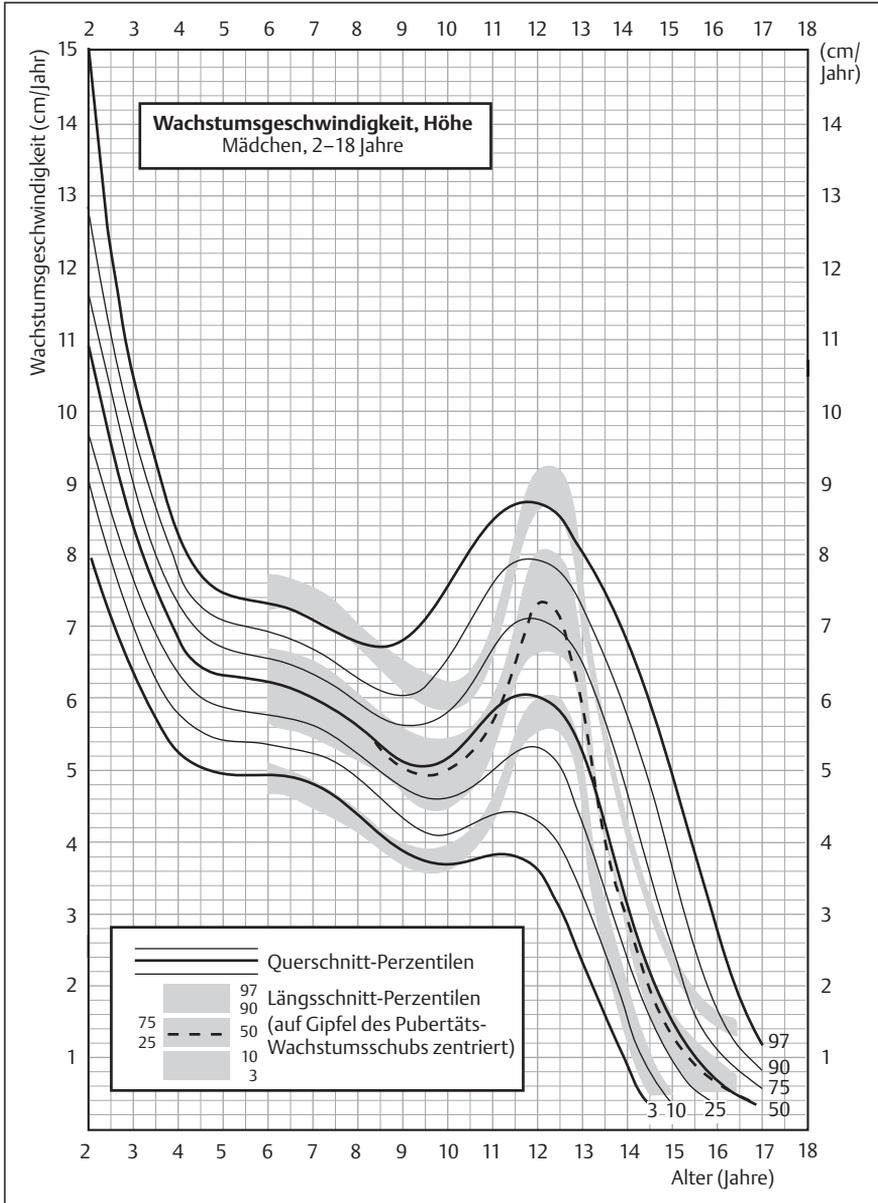


Abb. 1.7 Perzentilenkurven für die Geschwindigkeit der Körperhöhenzunahme, Mädchen. Die durchgezogenen Kurven entsprechen Querschnittperzentilen, die bei Einzelbeobachtungen anzuwenden sind. Für Verlaufsbeobachtungen, insbesondere während des Pubertätswachstumsschubs, sind die longitudinalen (Längsschnittperzentilen), schraffierten Daten anzuwenden (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie).

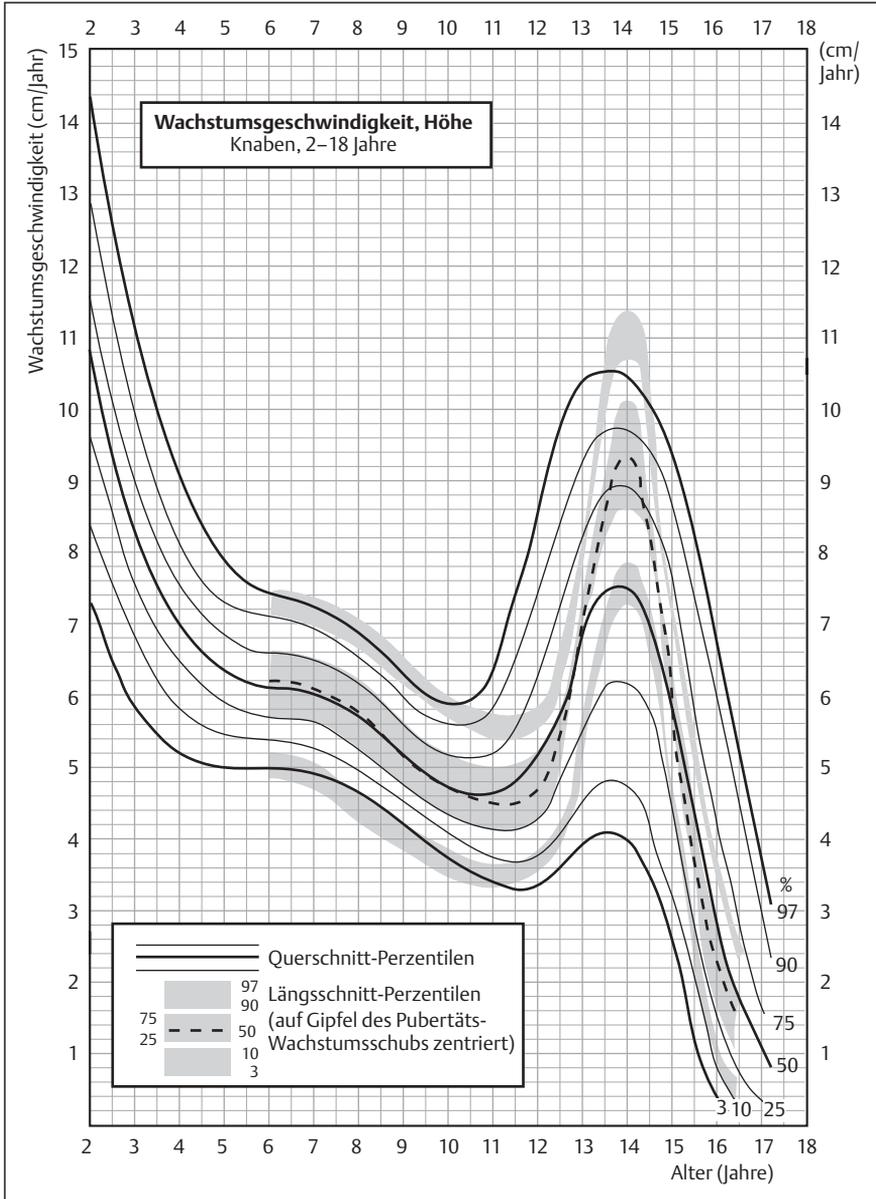


Abb. 1.8
Perzentilenkurven für die Geschwindigkeit der Körperhöhezunahme, Knaben (siehe Abb. 1.7).

In den Abb. 1.7 und 1.8 sind verschiedene Kurven übereinander dargestellt, die einer Erläuterung bedürfen. Die durchgehenden Linien entsprechen gewissermaßen Querschnittsdaten, wenngleich alle diese Daten aus einer longitudinalen Studie stammen. Die Wachstumsgeschwindigkeiten für diese Kurven entsprechen den für das jeweilige chronologische Alter ermittelten Werten. Es ist leicht zu sehen, dass sich sowohl die Höhen als auch die Altersangaben im Wiederanstieg der Wachstumsgeschwindigkeit auf ein großes Feld verteilen.

Daneben zeigen die schraffierten Kurven mit der gestrichelten Linie der 50. Perzentile einen viel geschlosseneren Kurvenverlauf. Diese Daten wurden gewonnen, indem zunächst die Geschwindigkeitskurven für jedes Kind individuell ermittelt wurden. Die Gesamtheit dieser Kurven wurde sodann auf den mittleren gemeinsamen Gipfelpunkt des Wachstumsschubs zentriert zusammengestellt, der bei Mädchen im Durchschnitt bei ca. 12,2 Jahren und bei Knaben bei ca. 14 Jahren liegt. Für eine Einzelbeobachtung in einem Zeitintervall ist mit den Querschnittsdaten zu vergleichen, für mehrere konsekutive Beobachtungen, die auch die Erfassung des dynamischen Verlaufs erlauben, mit den longitudinalen (Längsschnitt-)Daten. Dies ist von großer Wichtigkeit, da ein Wachstum entlang der unteren oder oberen Querschnittperzentilen in einem pathologischen Minder- oder Hochwuchs resultieren würde, wie sich rechnerisch leicht nachvollziehen lässt.

Dies ist nur bei oberflächlicher Betrachtung paradox, da in diesen Querschnittsdaten die sehr unterschiedlichen Verläufe des Wachstumsschubs (wie frühe, späte, sehr hohe, kurz anhaltende, eher lang andauernde) untergehen.

Der Wachstumsschubgipfel liegt physiologisch bei Knaben zwischen 12,5 und 16 Jahren, bei Mädchen zwischen 10,5 und 14 Jahren (3. bzw. 97. Perzentile nach Tanner 1986), wobei die maximale Wachstumsgeschwindigkeit bei späterem Gipfel des Wachstumsschubs etwas niedriger ist. Der Pubertätswachstumsschub ist andererseits eng mit der Skelettreifung korreliert, sodass die Beziehungen des Pubertätswachstumsschubs zum Skeletalter deutlich enger sind als zum chronologischen Alter (Exner 1986).

Die Genauigkeit der Geschwindigkeitsbestimmung ist durch verschiedene Variablen bestimmt, wie die Genauigkeit der Messung selbst, die Länge des Zeitintervalls und die Größenzunahme (je kleiner der Messfehler, je größer das Wachstum und je größer das Zeitintervall, umso genauer wird die Geschwindigkeitsbestimmung; siehe hierzu auch Hermanussen u. Burmeister 1989). Für klinisch verwertbare Resultate sind für die Bestimmung der Geschwindigkeit der Körperhöhenzunahme im Allgemeinen mindestens Halbjahresintervalle erforderlich.

Armlänge

Für die Armlänge siehe Kap. 5.

Körpergewicht

Die Bestimmung des Körpergewichts bedarf keiner weiteren Erläuterung. Da die Beziehungen von Körpergröße und -gewicht altersabhängig sind, soll nicht einfach „Gewichtsalter“ mit „Längenalter“ verglichen werden, eher sind dann die Standardabweichungen (Kap. 18) heranzuziehen. Für die Beurteilung einer Adipositas sollte die Messung des subkutanen Fettgewebes durch Bestimmung der Hautfaltendicke als spezifischere Methode herangezogen werden.

Die Perzentilenkurven für das Körpergewicht sind gemeinsam mit den Längen-/Höhenkurven in Abb. 1.2-1.5 wiedergegeben, die Messwerte in Tab. 1.5.

Tab. 1.5 **Körpergewichte** für Mädchen und Knaben. Mittelwerte \pm Standardabweichung, $n > 125$ (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie)

Alter (Jahre)	Mädchen Mittelwert \pm SD (kg)	Knaben Mittelwert \pm SD (kg)
0,0	3,3 \pm 0,4	3,4 \pm 0,5
0,5	7,2 \pm 0,7	7,7 \pm 0,9
1,0	9,5 \pm 1,0	10,2 \pm 1,1
2,0	12,0 \pm 1,2	12,7 \pm 1,3
3,0	14,3 \pm 1,5	14,9 \pm 1,6
4,0	16,2 \pm 1,8	17,0 \pm 2,0
5,0	18,3 \pm 2,1	19,0 \pm 2,3
6,0	20,3 \pm 2,4	21,1 \pm 2,5
7,0	23,0 \pm 2,9	23,7 \pm 3,2
8,0	25,4 \pm 3,4	26,2 \pm 3,8
9,0	28,4 \pm 4,3	29,1 \pm 4,2
10,0	31,8 \pm 5,1	31,9 \pm 4,6
10,5	33,4 \pm 5,6	33,4 \pm 5,2
11,0	35,4 \pm 6,0	35,0 \pm 5,5
11,5	37,8 \pm 5,7	36,8 \pm 5,7
12,0	40,1 \pm 7,4	38,4 \pm 6,2
12,5	42,8 \pm 7,6	40,6 \pm 6,9
13,0	45,1 \pm 8,0	43,1 \pm 8,0
13,5	47,4 \pm 7,7	45,7 \pm 8,1
14,0	49,6 \pm 7,7	49,0 \pm 8,5
14,5	51,8 \pm 7,9	51,9 \pm 8,5
15,0	52,7 \pm 7,7	55,2 \pm 9,2
16,0	54,5 \pm 8,4	60,5 \pm 8,8
17,0	55,6 \pm 8,2	62,9 \pm 8,8
18,0	55,8 \pm 8,1	64,7 \pm 9,1
19,0	56,0 \pm 9,1	65,5 \pm 9,1
20,0	55,7 \pm 8,9	67,2 \pm 9,4

Kopfumfang

Für den Kopfumfang gilt der maximale okzipitofrontale Umfang. Die Kurven sind analog anderen Wachstumskurven zu gebrauchen. Die Messtechnik ist in Abb. 1.9 illustriert, die Standards sind in den Abb. 1.10-1.13 sowie in Tab. 1.6 zu finden.



Abb. 1.9 Messmethode zur Bestimmung des Kopfumfangs. Gemessen wird der maximale okzipitofrontale Umfang.

Tab. 1.6 **Kopfumfangmaße** Mädchen und Knaben.
Mittelwerte \pm Standardabweichung (SD), $n > 125$ (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie)

Alter (Jahre)	Mädchen Mittelwert \pm SD (cm)	Knaben Mittelwert \pm SD (cm)
0,1	36,4 \pm 1,1	37,1 \pm 1,3
0,5	42,7 \pm 1,1	43,8 \pm 1,2
1,0	45,8 \pm 1,2	47,1 \pm 1,3
2,0	48,3 \pm 1,3	49,5 \pm 1,4
3,0	49,5 \pm 1,2	50,8 \pm 1,4
4,0	50,2 \pm 1,3	51,5 \pm 1,4
5,0	50,8 \pm 1,3	52,0 \pm 1,4
6,0	51,1 \pm 1,3	52,3 \pm 1,4
7,0	51,5 \pm 1,3	52,6 \pm 1,4
8,0	51,8 \pm 1,3	52,9 \pm 1,4
9,0	51,9 \pm 1,3	53,1 \pm 1,4
10,0	52,1 \pm 1,4	53,2 \pm 1,4
10,5	52,2 \pm 1,3	53,3 \pm 1,4
11,0	52,3 \pm 1,3	53,4 \pm 1,4
11,5	52,3 \pm 1,3	53,5 \pm 1,4
12,0	52,6 \pm 1,4	53,6 \pm 1,4
12,5	52,8 \pm 1,4	53,8 \pm 1,4
13,0	52,9 \pm 1,4	54,0 \pm 1,5
13,5	53,3 \pm 1,4	54,3 \pm 1,5
14,0	53,5 \pm 1,4	54,7 \pm 1,5
14,5	53,7 \pm 1,4	54,9 \pm 1,6
15,0	53,9 \pm 1,4	55,3 \pm 1,6

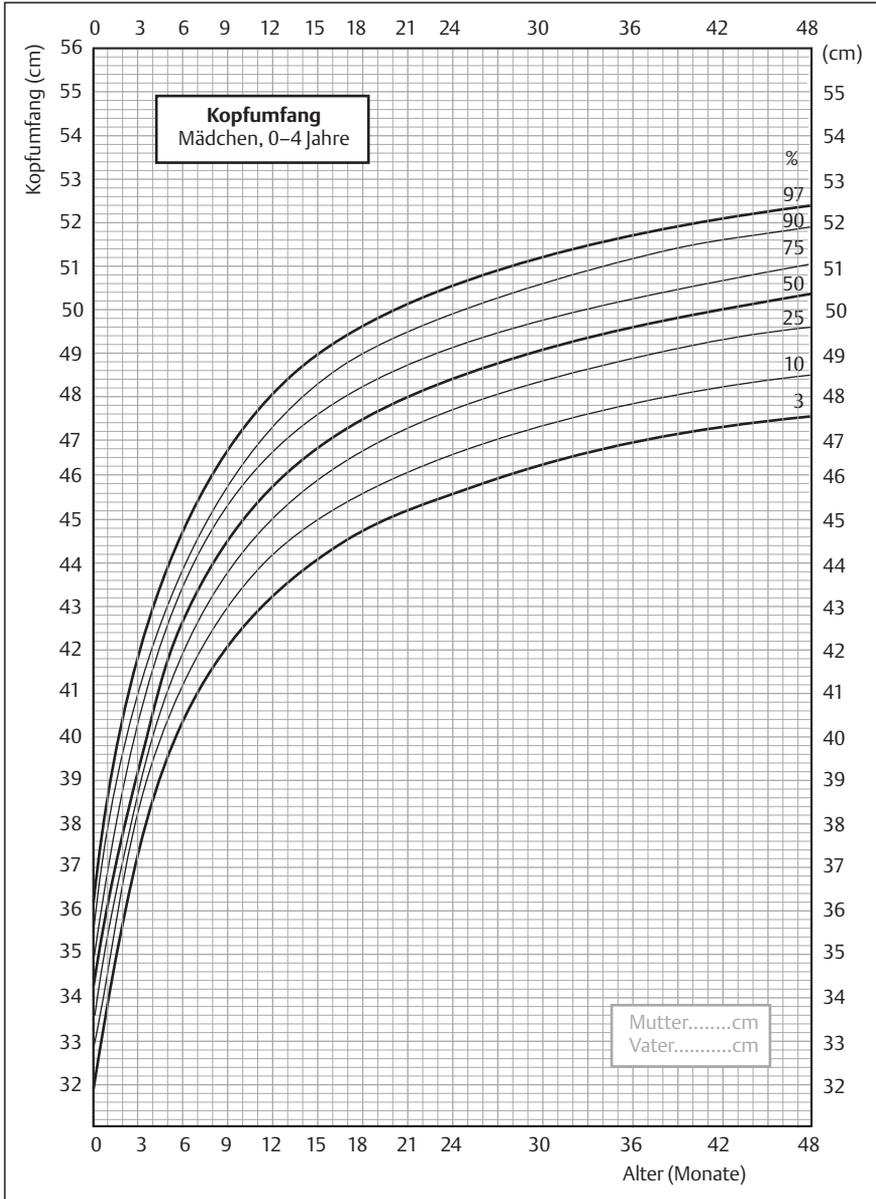


Abb. 1.10 Perzentilenkurven für Kopfumfang, Mädchen, 0-4 Jahre (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie).

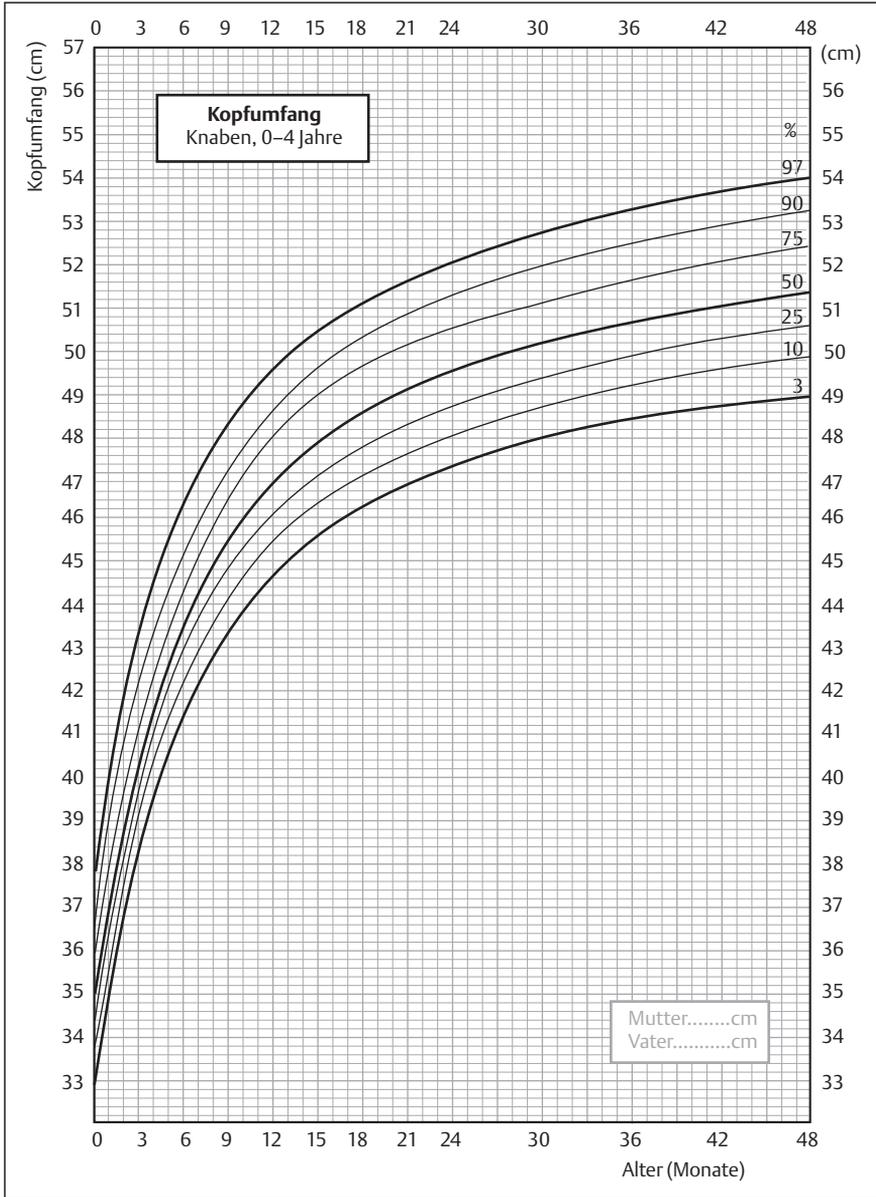


Abb. 1.11 Perzentilenkurven für Kopfumfang, Knaben, 0-4 Jahre (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie).

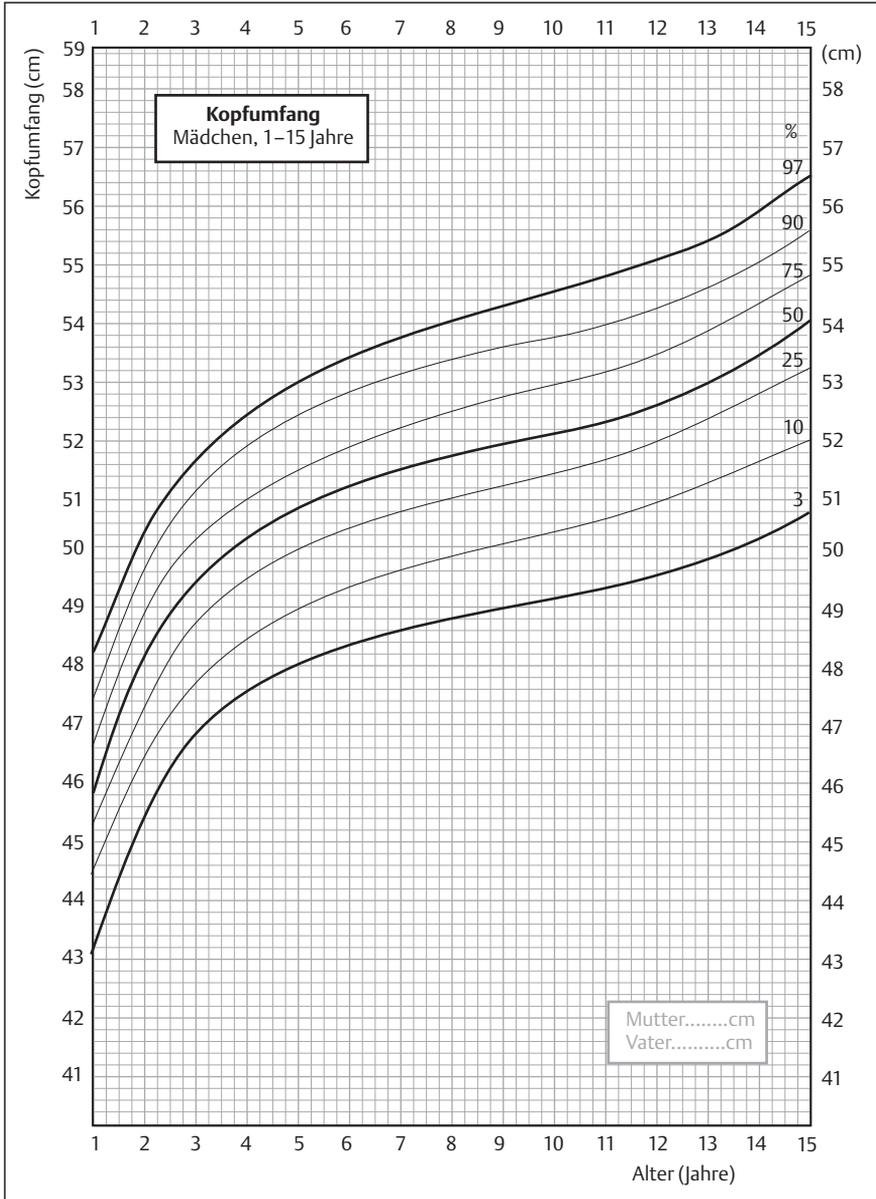


Abb. 1.12 Perzentilenkurven für Kopfumfang, Mädchen, 1-15 Jahre (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie).

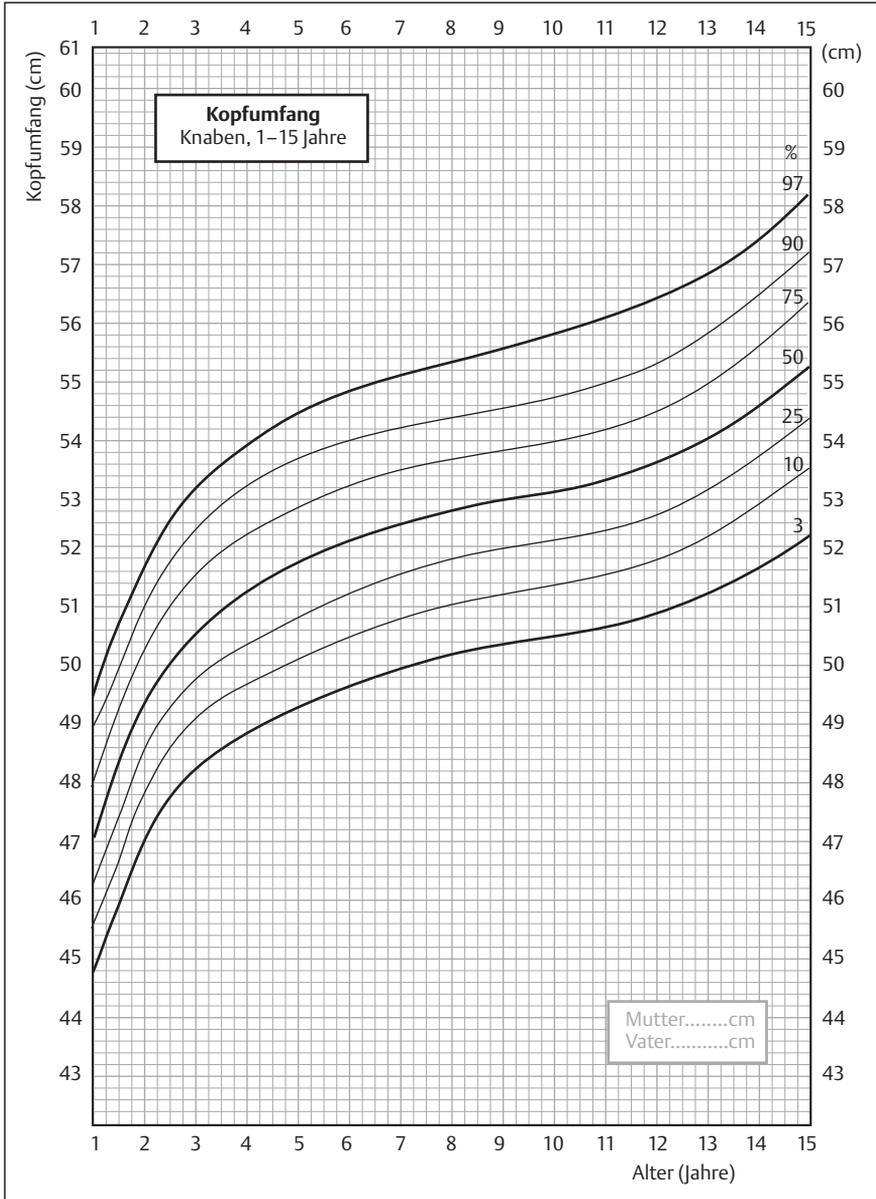


Abb. 1.13 Perzentilenkurven für Kopfumfang, Knaben, 1-15 Jahre (Zürcher longitudinale Wachstumsstudie).

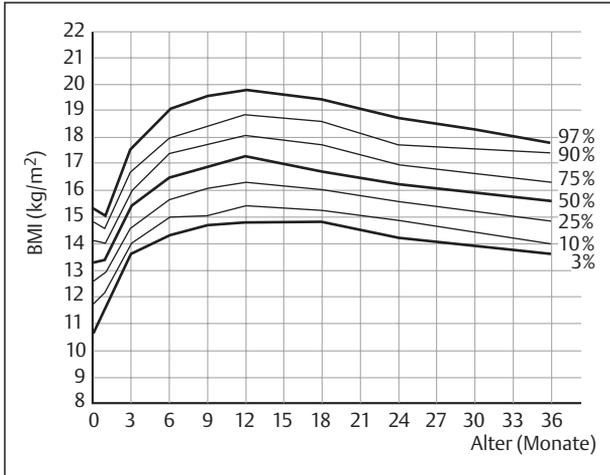


Abb. 1.14 Body-Mass-Index (BMI) für Mädchen von der Geburt bis zum Alter von 3 Jahren (persönliche Mitteilung Prof. R. Largo aufgrund unpublishierter Daten der Zürcher longitudinalen Wachstumsstudie).

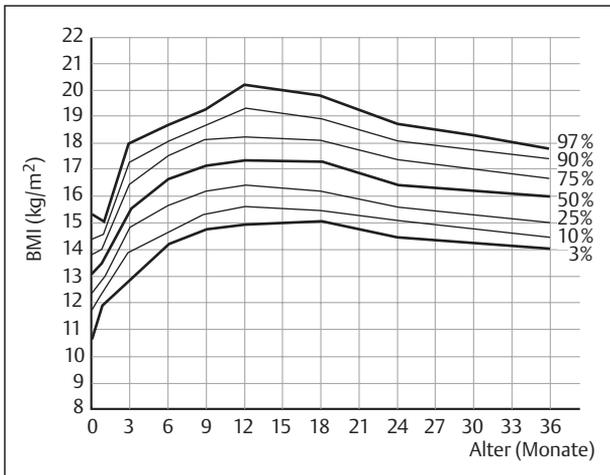


Abb. 1.15 Body-Mass-Index (BMI) für Knaben von der Geburt bis zum Alter von 3 Jahren (persönliche Mitteilung Prof. R. Largo aufgrund unpublishierter Daten der Zürcher longitudinalen Wachstumsstudie).

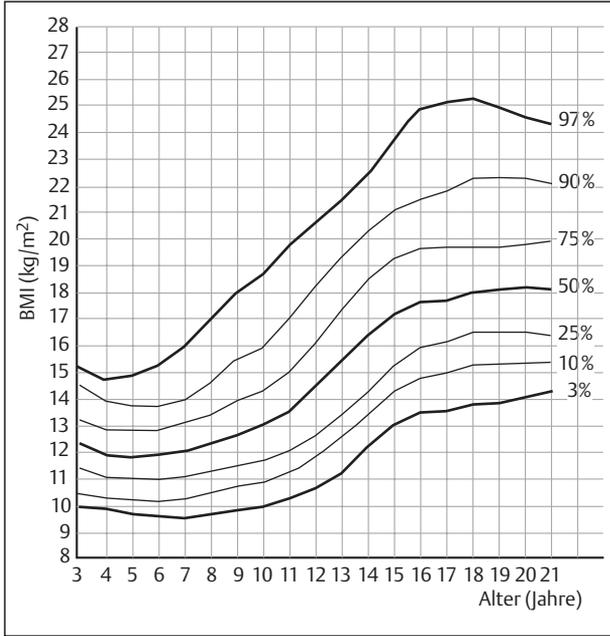


Abb. 1.16 Body-Mass-Index (BMI) für Mädchen im Alter zwischen 3 und 21 Jahren (persönliche Mitteilung Prof. R. Largo aufgrund unpublishierter Daten der Zürcher longitudinalen Wachstumsstudie).

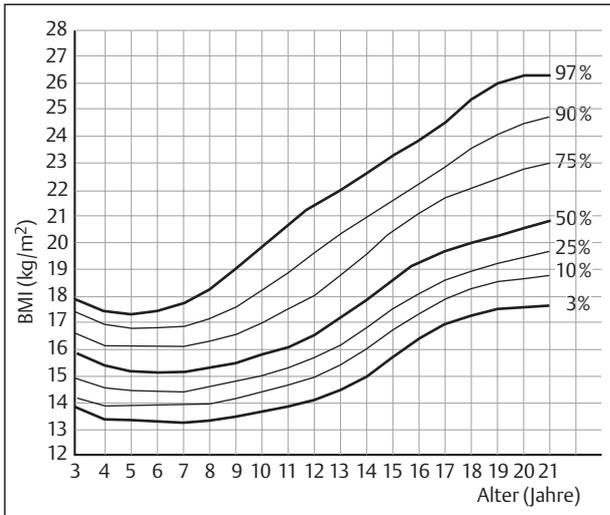


Abb. 1.17 Body-Mass-Index für Knaben im Alter zwischen 3 und 21 Jahren (persönliche Mitteilung Prof. R. Largo aufgrund unpublishierter Daten der Zürcher longitudinalen Wachstumsstudie).

Body-Mass-Index

Der Body-Mass-Index (BMI; deutsch: Körper-Massen-Index) ist eine Richtlinie, um Unter- und Übergewichtigkeit auf der Basis von Körpergewicht und Körperhöhe zu erfassen. Dieses Maß liefert genauere Informationen als der Vergleich der Gewichtspersentilen mit denen der Körperhöhenpersentilen, da sich die Fettverteilung des Körpers auch altersabhängig ändert. Eine Beobachtung der Entwicklung des Body-Mass-Index ist sinnvoll, da frühe Übergewichtigkeit für eine Übergewichtigkeit des Erwachsenen disponiert (Whitaker et al. 1998). Übergewichtigkeit stellt ein eindeutiges Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen auch bei Kindern dar (z. B. Freedmann et al. 2001). Der Body-Mass-Index wird folgendermaßen berechnet:

$$\text{BMI} = [\text{Körpergewicht (kg)}] : [\text{Körperhöhe (m)}]^2.$$

In Abb. 1.14-1.17 sind Kurven zur Bestimmung des Body-Mass-Index aufgrund der Daten der Zürcher longitudinalen Wachstumsstudie (Prader et al. 1989) wiedergegeben. Diese noch nicht publizierten Kurven wurden freundlicherweise von R. Largo zur Publikation überlassen. Daten für nordamerikanische Kinder haben Hammer et al. (1991) publiziert. Kritische Grenzen für Übergewichtigkeit und Untergewichtigkeit sind nicht einfach festzulegen. Das US State Department of Health and Human Services hat als Grenzwerte vorgeschlagen: < 5%ile: Untergewicht, > 85%ile: Risiko für Übergewichtigkeit, > 95%ile: eindeutig übergewichtig.